ISSN 0022-4847
DOI:10.6156/JTAR

台灣農業研究

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

Vol.62 No.1 2013

研究報告

1 東方果實蠅卵與瓜實蠅卵作為飼養錨紋瓢蟲代用食物之合適性評估
余志儒

11 白花蝴蝶蘭葉片性狀與開花性狀之相關性探討
蔡媚婷、賴思倫、陳珊妮、戴廷恩、謝廷芳、呂椿棠

21 基因轉殖水稻之農藝性狀與花粉媒介基因流佈於田間評估
曾清山、林彥蓉、關政平、賴明信、吳明哲

32 寄生斑潛蠅 (雙翅目：潛蠅科) 四種釉小蜂 (膜翅目：釉小蜂科) 之卵吸收
錢景秦、張淑貞

40 台灣地區水稻稻熱病菌生理型之研究 (2011)
陳繹年、陳純葳、林宗俊

57 香椿與食茱萸苗木疫病
安寶貞、蔡志濃、王姻婷

71 溫度對底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂 (膜翅目：釉小蜂科) 致死南美斑潛蠅 (雙翅目：潛蠅科) 能力之影響
錢景秦、張淑貞

83 柑桔－金柑新品種 ‘台農1號 (黃水晶)’ 之育成
唐佳惠、呂明雄、蔡武雄

行政院農業委員會農業試驗所出版

《台灣農業研究》編審會

總編輯

楊純明／農業試驗所

領域主編（按筆劃序）

王強生／中興大學農藝系
申　雍／中興大學土壤環境科學系
安寶貞／農業試驗所植物病理組
呂秀英／農業試驗所
柯文雄／中興大學植物病理學系
侯豐男／中興大學昆蟲學系
郭鴻裕／農業試驗所農業化學組
高景輝／臺灣大學農藝學系
陳世銘／臺灣大學生物產業機電工程系
陳吉仲／中興大學應用經濟系
陳宗禮／中興大學農藝系
陳健忠／農業試驗所應用動物組
陳琦玲／農業試驗所農業化學組
陳福旗／屏東科技大學農園生產系
黃肇家／農業試驗所作物組
黃鵬林／臺灣大學園藝暨景觀學系
鄔宏潘／中央研究院植物暨微生物學研究所
曾夢蛟／中興大學園藝系
蔡致榮／農業試驗所
蔡新聲／朝陽科技大學生化科技研究所
歐錫坤／農業試驗所作物組
簡立賢／中興大學應用經濟系
蘇正德／東海大學食品科學系

編輯助理

吳宜晏／農業試驗所技術服務組
陳相君／農業試驗所研策小組

台灣農業研究

第六十二卷　第一期　　　　中華民國一〇二年三月三十一日

出版者	行政院農業委員會農業試驗所
發行人	陳駿季
總編輯	楊純明
地址	41362 台中市霧峰區萬豐里中正路 189 號
網址	http://www.tari.gov.tw
電話	(04)2331-7236
E-mail	jtar@tari.gov.tw
線上投審稿系統	http://aspers.airiti.com/Aspers/webHome.aspx?jnliid=J0042

編印	Airiti Press Inc.
地址	23452 新北市永和區成功路一段 80 號 18 樓
電話	(02)2926-6006
E-mail	press@airiti.com

定價	新臺幣一七五元
展售門市	1. 國家書店 / 10485 台北市松江路 209 號 1 樓 / 電話 : (02) 2518-0207 國家網路書店 http://www.govbooks.com.tw 2. 五南文化廣場 / 40042 台中市中山路 6 號 / 電話 : (04) 2226-0330

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 62(1):1–10 (2013)
DOI:10.6156/JTAR.2013.06201.01

東方果實蠅卵與瓜實蠅卵作為飼養錨紋瓢蟲代用食物之合適性評估

余志儒 [1,*]

摘要

余志儒。2013。東方果實蠅卵與瓜實蠅卵作爲飼養錨紋瓢蟲代用食物之合適性評估。台灣農業研究 62(1):1–10。

本研究於室內溫度 25℃ ± 1℃，75% ± 10% RH，光照 14 h：10 h (L：D) 條件下，評估東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis* Hendel) 與瓜實蠅 (*Bactrocera cucurbitae* Coquillett) 卵作為錨紋瓢蟲 [*Lemnia biplagiata* (Swartz)] 代用食物的合適性，並以棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 為對照食物。結果顯示，取食東方果實蠅及瓜實蠅卵之幼蟲發育時間、初羽化成蟲體重的表現不如取食棉蚜者，但供試之 40 隻幼蟲能完成發育為成蟲的數量與取食棉蚜者相近，分別為 35、34 與 36 隻。錨紋瓢蟲成蟲取食此二種蠅卵的每雌一生總產卵量分別有 512.2、405.2 粒。因此，可認為此二種蠅卵為錨紋瓢蟲適合的食物。由於日齡－齡期別生殖力 (f_x，每雌產卵量) ≥ 日齡別生殖力 (m_x，每成蟲產卵量)，若雄性族群未被納入考量，可能會高估族群的增殖力。

關鍵詞：錨紋瓢蟲、東方果實蠅、瓜實蠅、棉蚜、合適性。

前言

錨紋瓢蟲 [*Lemnia biplagiata* (Swartz)] 是台灣地區常見的食蚜瓢蟲種類，能捕食多種危害農作物的蚜蟲，例如棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover)、桃蚜 [*Myzus persicae* (Sulzer)]、偽菜蚜 [*Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)] 及白尾紅蚜 [*Uroleucon formosanum* (Takahashi)] 等 (Tao 1990)。Yu & Chen (2001b) 曾在鮮食用的萵苣上釋放錨紋瓢蟲幼蟲，能有效壓制白尾紅蚜的族群密度，顯著減少萵苣產量的損失。在俄羅斯，Kuznetsov & Pang (2002) 將自中國引進的錨紋瓢蟲用於溫室作物上的蚜蟲防治，而且認爲以釋放第二齡幼蟲效果最好。足見錨紋瓢蟲具有作爲生物防治材料的潛力。

生物防治工作的首要關鍵，在生物天敵能夠被大量生產及滿足田間釋放的需求，亦爲成功的第一步。若用蚜蟲飼養瓢蟲，必須建立在包含寄主植物、蚜蟲、食蚜瓢蟲的三階取食系統 (tri-trophic system) 上。三個階層環環相扣，其中任何一個階層的失誤，都會干擾整個系統的維持。而且爲維持系統運作，空間、時間以及勞力的耗費都是必要成本，即使能夠正常運作並量產天敵，也是工作繁瑣，這正是生物防治不易推展的原因。基於此，能有效降低生產成本的非蚜蟲食物就亟待開發。Chu & Shueh (1976) 曾嘗試用動物內臟與昆蟲體組成的半人工飼料 (semi-artificial diet) 飼養六條瓢蟲 [*Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius)] 與赤星瓢蟲 [*Lemnia swinhoei* (Crotch)]，結果認爲繼代飼養仍待努力。Hussein *et al.* (1999) 以含花粉之半人工飼料爲基礎試作六條瓢蟲之代用飼料，在不同劑型間加以比較，所用之豬肝或蛾幼蟲或蜂蛹皆非活體，飼育效果也未臻理想。Schanderl *et al.* (1988) 用地中海粉斑螟 (*Anagasta kuehniella* Zell.) 卵則能

投稿日期：2012 年 9 月 28 日；接受日期：2012 年 10 月 30 日。
* 通訊作者：jzyu@tari.gov.tw
1 農委會農業試驗所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。

繼代飼養異色瓢蟲 (*Harmonia axyridis* Pallas) 與瓢蟲 (*Semiadalia undecimnotata* Schneider) 達 3 代，即使未成熟期的發育時間較取食豌豆蚜 (*Acyrthosiphon pisum* Harris) 者長、死亡率也較高，成蟲產的有效卵數亦較少。Abdel-Salam & Abdel-Baky (2001) 則比較新鮮或冷凍的麥蛾 (*Sitotroga cerealella* Olivier) 卵飼養異色瓢蟲的效果。許多研究都證明，利用非蚜蟲昆蟲的卵作爲食蚜瓢蟲的食物，具有相當高的可行性。由於東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis* Hendel) 與瓜實蠅 (*Bactrocera cucurbitae* Coquillett) 皆可以利用人工飼料穩定的大量生產 (Chiu 1978; Liu & Shiao 1984; Dong & Chen 2004; Dong *et al.* 2011)，沒有多重取食階層的困擾，值得進行作爲瓢蟲食物的合適性 (suitability) 評估。

Evans *et al.* (1999) 曾定義食物的合適性，能供應取食者非成熟期的發育及成熟期的生殖稱爲「必需的」 (essential) 食物，僅維持存活的稱爲「代用的」 (alternative) 食物。Michaud (2005) 將合適的食物 (suitable prey) 依據取食者幼期的存活率或成蟲的生殖力，將食物的合適性分爲「理想的」 (optimal)、「足夠的」(adequate) 或「邊緣的」(marginal) 等食物。其中，對取食者的幼蟲而言，能提供取食者幼蟲接近 100% 的存活並發育爲成蟲，且發育比取食同種卵 (conspecific egg) 者快，育的成蟲的體重也比較重，可稱爲理想的食物；若與取食同種卵者接近或較差者，則可認爲是足夠的食物；邊緣的食物僅能提供取食者存活，且存活率顯著低於 100%。對成蟲而言，則只區分足夠的或邊緣的食物；前者能提供取食者生殖，後者僅能提供存活。

由本研究室的先期試驗得知，錨紋瓢蟲幼蟲取食活的東方果實蠅卵或瓜實蠅卵皆無法發育，但可接受低壓冷凍乾燥的 (lyophilized) 蠅卵。本試驗即依此評估這 2 種蠅卵做爲飼養錨紋瓢蟲的食物之合適性，並以棉蚜作爲對照食物，測試其發育與繁殖能力。

材料與方法

甜瓜栽植與棉蚜飼養

以購自農友種子公司的甜瓜秋香品種 (Autumn Favor) 做爲棉蚜的寄主植物。甜瓜播種於穴植盤育苗，瓜苗的第一片真葉完全展開時即移植於 6 吋塑膠植缽內繼續栽培，俟生長有 10 片以上完全展開的真葉時接殖棉蚜。棉蚜於 1992 年採自彰化縣的秋香品種甜瓜田，其後於養蟲室以相同甜瓜品種進行飼養。飼養方法如 Yu *et al.* (1997) 所述，將前述甜瓜植缽置入 60 cm × 120 cm × 90 cm 的養蟲箱內，在 25–30℃，80% ± 15% RH (relative humidity)，光照週期 14 h：10 h (L：D) 下，維持棉蚜種源族群。另在溫室以 90 cm × 150 cm × 180 cm 之養蟲箱進行棉蚜的大量繁殖。

東方果實蠅與瓜實蠅之飼養

東方果實蠅、瓜實蠅幼蟲皆採自霧峰田間，攜回室內分別用人工飼料 (Chiu 1978; Liu & Shiao 1984; Dong & Chen 2004) 飼養。羽化之成蟲以酵母抽出物加蔗糖 (1：3) 用 30 cm × 30 cm × 30 cm 的飼育箱，在 25℃ ± 1℃，75% ± 10% RH，光照 12 h：12 h (L：D) 下飼養 (Dong *et al.* 2011)。每日採得的活卵置入 -20℃冷凍備用。一部分卵冷凍 24 h 後，移入低壓冷凍乾燥機 (HCS, FD-T10) 以 -40℃處理 24 h，取出隨即儲存於 -20℃下冷凍備用。

錨紋瓢蟲之飼養

1996 年自台中市霧峰區番石榴樹上採得幼蟲，在 25℃ ± 1℃，75% ± 10% RH，光照 14 h：10 h (L：D) 生長箱中用棉蚜飼育繁殖。幼蟲及成蟲分開飼養，容器皆爲 8 L 方形養蟲罐，罐壁兩側各開一個 7 cm × 7 cm 方形開口並封以細紗網藉以通風。每罐飼養幼蟲約 50 隻，或成蟲約 10 對，維持瓢蟲供試族群維持 (Yu & Chen 2001a)。

食物合適性之評估

取 40 隻同日初孵化的錨紋瓢蟲幼蟲，單隻飼養於罩有細紗網的 6.0 mm × 5.5 mm × 3.2

mm 養蟲盒內，置一直徑 3 cm 的玻璃培養皿，內裝吸水飽和的脫脂棉花團。每日置換 200 隻以上混齡棉蚜與吸水棉花。記錄各齡期發育所需日數，羽化為成蟲時記錄其性別並秤體重。另自供試族群中取同日羽化之成蟲 12 對，各對分別飼養於養蟲盒內，每日提供 400 隻以上混齡棉蚜及玻璃培養皿內裝吸水飽和的脫脂棉花團。記錄每日產卵數與成蟲存活數，直至全部成蟲死亡為止。每日產卵數於計數完成後立即移離養蟲罐。另外分別以東方果實蠅卵與瓜實蠅卵為食物，進行與上述相同之試驗。每隻幼蟲每日置換新的經低壓冷凍乾燥的卵約 500 粒以上，每對成蟲則提供鮮卵約 1,000 粒以上。此 3 種食物試驗皆在溫、濕度與光照條件與瓢蟲飼養相同的生長箱中進行。

統計分析

依據經 SAS 9.1 統計軟體 (SAS Institute Inc. 2004) 進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA)，當有顯著差異時，再用 5% 水準最小顯著差異 (Fisher's least significant difference; LSD) 法比較處理間之差異顯著性。

結果

由錨紋瓢蟲幼蟲取食不同食物發育所需時間之變方分析結果 (表 1)，食物與性別之間無交感現象，但取食不同食物對於各各齡期發育所需的日數則呈極顯著差異。錨紋瓢蟲各齡期的發育所需時間詳列於表 2。完成幼蟲期所需時間以取食棉蚜者最短，取食瓜實蠅卵者最長，取食棉蚜、東方果實蠅卵、瓜實蠅卵分別需要 6.92、10.91 或 11.54 d。幼蟲孵化至成蟲羽化所需時間亦以取食瓜實蠅者最長，取食棉蚜者最短。取食棉蚜、東方果實蠅卵、瓜實蠅卵能發育至成蟲的數量比率分別為 36/40、35/40 或 34/40 隻。初羽化成蟲體重，取食棉蚜者顯著重於取蠅卵者，取食東方果實蠅與取食瓜實蠅二者之間差異不顯著。

圖 1 所示日齡 - 齡期存活率 (age-stage survival rate, s_{xj}) 的曲線，乃表示錨紋瓢蟲幼蟲自初孵化存活至日齡 x 齡期 j 的機率。發育所需時間在個體間存有差異；因此，齡期存活率曲線呈現明顯的重疊。

成蟲壽命與生殖力之調查結果如表 3，雌與雄成蟲壽命以取食棉蚜者最長，分別為 95.8 與 93.5 d，取食瓜實蠅卵者較短，分別為 50.6 與 58.8 d。產卵前期以取食棉蚜者最短，為 6.2 d，顯著短於取食東方果實蠅或瓜實蠅者的 16.6 或 16.1 d，而此二種蠅卵處理之間無顯著差異。錨紋瓢蟲以棉蚜、東方果實蠅卵、瓜實蠅卵為食物之最高日產卵量分別為 56、58、63 粒，一生最高總產卵量分別為 1,573、1,058、858 粒。取食東方果實蠅與瓜實蠅卵之瓢蟲，平均每雌一生總產卵量分別為 512.2、405.2 粒，兩者之間無顯著差異，但皆顯著少於取食棉蚜者的 1,001.6 粒。

成蟲日齡 - 齡期別生殖力 (age-stage specific fecundity, f_x) 與日齡別生殖力 (age specific fecundity, m_x) 分別為日齡 x 齡期 j 的每雌

表 1. 錨紋瓢蟲幼蟲取食不同食物發育所需時間之變方分析結果。

Table 1. Results of ANOVA analysis for the developmental time of *Lemnia biplagiata* fed by different food.

Source	df	Mean square						
		1st instar	2nd instar	3rd instar	4th instar	Larva	Pupa	Larva-pupa
Prey	2	10.59** (F value)	14.38**	15.88**	16.40**	223.84**	2.35**	250.22**
Sex	1	0.22	0.09	0.12	0.09	0.05	0.00	0.05
Prey × Sex	2	0.04	0.03	0.04	0.03	0.13	0.11	0.45
Error	99	0.08	0.14	0.22	0.19	0.37	0.27	0.48

** Significant at 1% level.

表 **2.**　錨紋瓢蟲幼蟲取食不同食物的發育所需時間與成蟲體重。

Table 2.　Developmental time and adult weight of *Lemina biplagiata* fed by different food.

	Bactrocera lyophilized egg					
Stage	*n* [z]	*Bactrocera dorsalis*	*n*	*Bactrocera cucurbitae*	*n*	*Aphis gossypii*
Developmental time (d)						
1st instar	39	2.87 ± 0.05 a [y]	39	2.79 ± 0.08 a	39	1.97 ± 0.04 b
2nd instar	37	2.05 ± 0.07 b	38	2.42 ± 0.10 a	37	1.11 ± 0.31 c
3rd instar	36	2.69 ± 0.08 b	36	3.03 ± 0.08 a	37	1.73 ± 0.07 c
4th instar	35	3.11 ± 0.07 b	35	3.40 ± 0.08 a	36	2.11 ± 0.07 c
Larva	35	10.91 ± 0.10 b	35	11.54 ± 0.11 a	36	6.92 ± 0.10 c
Pupa	35	4.17 ± 0.06 b	34	4.65 ± 0.10 a	36	4.22 ± 0.09 b
Larva-adult	35	15.09 ± 0.09 b	34	16.21 ± 0.12 a	36	11.14 ± 0.14 c
Adult weight (mg)						
Female	17	18.11 ± 0.33 b	17	17.38 ± 0.42 b	23	21.08 ± 0.23 a
Male	18	16.11 ± 0.35 b	17	16.30 ± 0.32 b	13	20.15 ± 0.29 a

[z] n means the number of individual survived to complete this stage, and the initial number is 40.

[y] Data on mean ± se. These means within each row followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

產卵量與每隻成蟲產卵量，描述曲線如圖 2。成蟲的齡期以性別分之，有雌、雄性，故 $j = 2$。因為只有雌蟲能產卵，所以 f_x 的曲線只有 1 條。而 m_x 的計算式如下：

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^{k} s_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^{k} s_{xj}}$$

其中 S_{xj} 表示成蟲自羽化存活至日齡 x 齡期 j 的機率，成蟲的齡期數設定為 $k = 2$。結果顯示，取食蠅卵的 f_x 與 m_x 皆比取食棉蚜者低。而且每種食物處理皆各自呈現 $f_x \geq m_x$，因為當仍有雄蟲存活時 $f_x > m_x$，而當只有雌蟲存活時 $f_x = m_x$。

討論

Michaud (2005) 曾分別討論幼蟲與成蟲食物的合適性，認為幼蟲與成蟲可以各自評估，而幼蟲食物的評估，主要從存活率、發育所需時間、育得成蟲的體重三項著手，發育時間可以從孵化時計起至成蟲羽化。本試驗結果顯示錨紋瓢蟲幼蟲取食東方果實蠅或瓜實蠅卵之成蟲羽化率及存活率皆高，並與取食棉蚜者接近，但發育所需時間則比較長。取食此二種蠅卵的錨紋瓢蟲幼蟲表現雖然不及取食棉蚜者，育得的成蟲體重也較輕，但依 Michaud (2005) 的定義，仍不失為「合適的飼料」。對錨紋瓢蟲幼蟲而言，東方果實蠅卵略優於瓜實蠅卵 (表 2)。

在他種食蚜瓢蟲也有類似的研究，例如 Kato *et al.* (1999) 比較聚長足瓢蟲 (*Hippodamia convergens* Guérin-Meneville) 幼蟲取食地中海粉螟卵與取食麥二叉蚜 [*Schizaphis graminum* (Rondani)] 或短尾蚜 [*Brachycaudus* (*Appelia*) *schwartzi* Börner] 的存活率與發育所需時間時，雖然取食地中海粉螟卵的表現略差，仍認為地中海粉螟卵是適合的代用食物，因為能完成發育至成蟲。Hamasaki & Matsui (2006) 評估地中海粉螟卵做為龜紋瓢蟲 [*Propylea japonica* (Thunberg)] 的可用飼料，並將幼蟲與成蟲分別評估。幼蟲之評估項目為未成熟期的存活率、發育所需時間及初羽化成蟲體重，成蟲則為生殖力、後代卵的發育時間與孵化率。Munyaneza & Obrycki (1998) 認

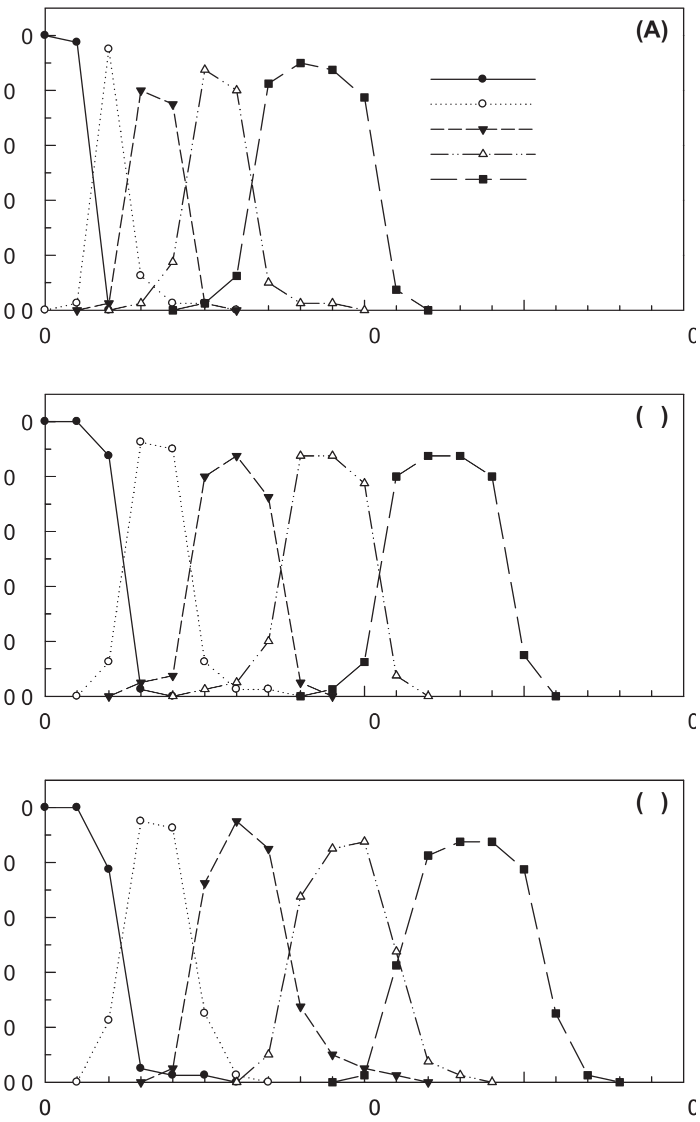


圖 1. 錨紋瓢蟲未成熟期取食不同食物的日齡 - 齡期別存活率，日齡起始日爲當日自卵孵化的初齡幼蟲。(A) 棉蚜；(B) 低壓冷凍乾燥之東方果食蠅卵；(C) 低壓冷凍乾燥之瓜食蠅卵。

Fig. 1. Age-stage specific survival rate (s_{xj}) of immature *Lemnia biplagiata* fed by different food. The age is counted from the neonate larva hatched. (A) *Aphis gossypii*; (B) lyophilized *Bactrocera dorsalis* egg; and (C) lyophilized *B. cucurbitae* egg.

爲科羅拉多金花蟲 [*Leptinotarsa decemlineata* (Say)] 卵爲十二星瓢蟲 (*Coleomegilla maculata* DeGeer) 幼蟲合適的飼料，因其發育、存活與取食豆蚜者相近，雖然瓢蟲幼蟲是到第 3 齡才開始取食科羅拉多金花蟲卵；有關成蟲的生殖力則未涉及。Silva *et al.* (2009) 評估地中海粉螟卵做爲南美瓢蟲 [*Eriopis connexa* (Germar)] 食物的合適性時，僅以幼蟲的的存活率、發育所需時間及成蟲體重爲依據，也未涉及成蟲的生殖力。

另外，由於個體間的差異，本文發現幼蟲發育期間有明顯的齡期重疊；另外，取食蠅

表 3. 錨紋瓢蟲成蟲取食不同食物的壽命與生殖力。

Table 3. Longevity and fecundity of *Lemina biplagiata* adult fed by different food.

Item	*Bactrocera* lyophilized egg		
	Bactrocera dorsalis	*Bactrocera cucurbitae*	*Aphis gossypii*
Adult longevity (d)			
Female	76.9 ± 9.3	50.6 ± 5.1	95.8 ± 5.2
Male	74.8 ± 9.0	58.8 ± 6.1	93.5 ± 10.4
APOP [z]	16.6 ± 1.1 a [y]	16.1 ± 1.9 a	6.2 ± 0.6 b
Fecundity (eggs/life)			
Mean	512.2 ± 90.4 b	405.2 ± 79.2 b	1,001.6 ± 116.4 a
Daily maximum	58	63	56
Life maximum	1,058	858	1,573

[z] APOP means the pre-oviposition period of adult stage of female.

[y] Data on mean ± se (n = 12). These means within each row followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

卵的錨紋瓢蟲幼蟲，發育時間顯著比取食棉蚜者長 (表 2)，齡期重疊更為明顯。此表示在集體飼養時，不同齡期的個體可能相遇的期間較長，以致更有機會發生自相殘殺。因此，此二種蠅卵雖然可做為合適的飼料，而且能夠方便、穩定地供應，有利於錨紋瓢蟲的量產，但用於幼蟲的集體飼養時仍需再斟酌。

Michaud (2005) 評估成蟲食物的合適性，主要是依據取食者的繁殖力。由表 3 所示的雌成蟲一生總產卵量，取食東方果實蠅或瓜實蠅卵者皆顯著少於取食棉蚜者，但仍分別可產 512.2 及 405.2 粒。對錨紋瓢蟲成蟲而言，此二種蠅卵亦屬「必需的」、「合適的飼料」 (Evans *et al.* 1999; Michaud 2005)。有許多文獻對於成蟲期食物的評估，皆以雌性為繁殖力表現的主體。例如 Michaud & Jyoti (2008) 以雌成蟲的生殖表現來評估十二星瓢蟲的食物，因為取食花粉的成蟲無法產卵，而認為不是適合的食物，即使幼蟲取食花粉有部分個體可以發育成為成蟲。Bonte *et al.* (2010) 認為地中海粉螟卵混合花粉是二星瓢蟲 [*Adalia bipunctata* (L.)] 的高可用性食物，因為每雌產卵量比用豌豆蚜飼養的更多。Sarwar & Saqib (2010) 將直接採自田間的七星瓢蟲 (*Coccinella septempunctata* L.) 成蟲進行評估，雖然取食人工飼料的每雌一生總產卵量只有 11.0–18.0 粒，與取食對照食物偽菜蚜 (*Liaphis erysimi* Kaltenbach) 的 255.0 粒相差懸殊，仍認為該人工飼料有效。

雖然昆蟲能產卵的只有雌性成蟲，但雄性族群不只在族群增殖上有扮演角色 (Majeus 1994)，同時也是飼養成本的重要部分。因此在描述一個族群的增長潛能時，雄性族群應該被納入考量。本研究在計算日齡別每成蟲產卵量 (m_x) 時，已加入了雄性成蟲族群因子。由圖 2 所呈現的 $f_x \geq m_x$，足見當不將雄性族群納入考量時，會高估族群的增殖力。

雖然評估食物的合適性，可以將幼蟲與成蟲分開來討論 (Michaud 2005)，但幼蟲的取食經歷確實會影響其成蟲的繁殖潛能。其原因複雜，除了飽食程度 (Ware *et al.* 2008; Dmitriew & Rowe 2011) 外，食物種類也是重要因素。例如 Hamasaki & Matsui (2006) 測得龜紋瓢蟲在幼蟲期取食地中海粉螟卵者會比取食豌豆蚜者產較多的卵。Michaud & Jyoti (2008) 比較十二星瓢蟲在幼蟲期取食地中海粉螟卵或麥二叉蚜對其成蟲的產卵量，當成蟲取食麥二叉蚜時以其幼蟲取食粉螟卵者產較多的卵，成蟲取食粉螟卵時則相反。本研究僅是初探結果，雖然成蟲有生殖力，但受測成蟲的幼蟲期都是以棉蚜為食物，若幼蟲用低壓冷凍乾燥的東方果實蠅或瓜實蠅卵為食物，

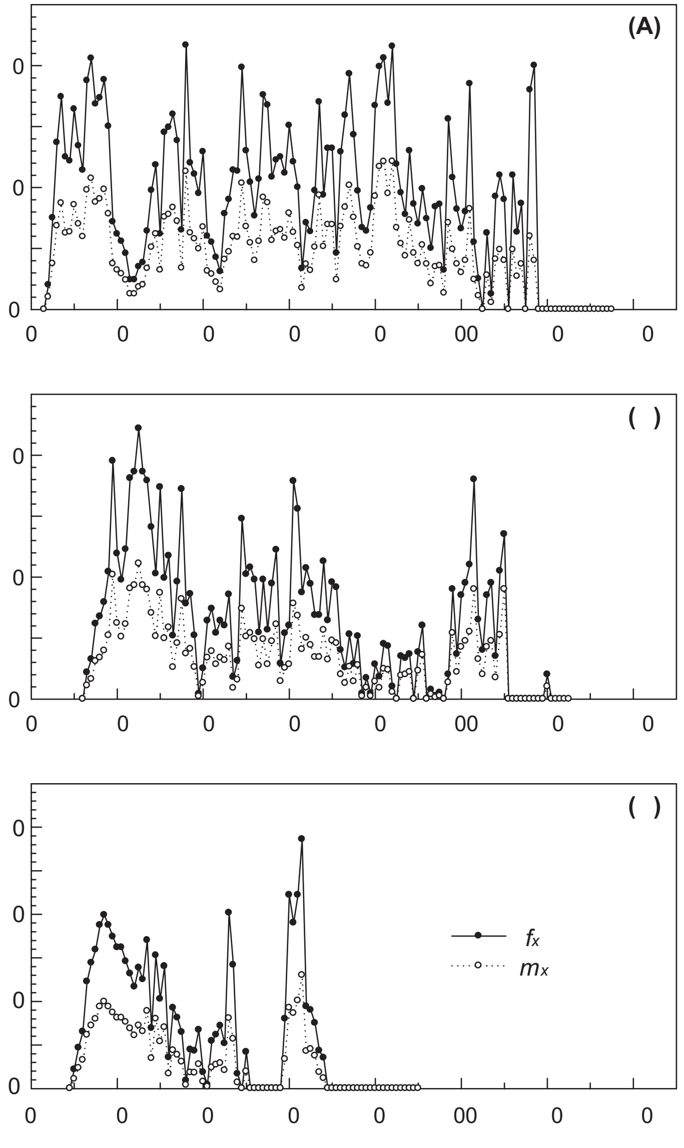


圖 2. 錨紋瓢蟲成蟲取食不同食物的日齡 - 齡期別生殖力與日齡別生殖力。(A) 棉蚜；(B) 低壓冷凍乾燥之東方果食蠅卵；(C) 低壓冷凍乾燥之瓜食蠅卵。

Fig. 2. Age-stage specific fecundity (f_x) and fecundity (m_x) of female *Lemnia biplagiata* adult fed by different food. The age is counted from adult emerged. Food: (A) *Aphis gossypii*; (B) lyophilized *Bactrocera dorsalis* egg; and (C) lyophilized *Bactrocera cucurbitae* egg.

則其生殖力的表現有待再探討。成蟲的取食經歷也會影響其後代的素質 (Omkar & Kumar 2010)，釐清幼蟲、成蟲取食經歷的影響關聯性，才是食物能否被用爲繼代飼養的真正考驗。另外，爲將族群中個體間的差異與雄性的角色納入考量，可利用年齡 - 齡期別，兩性生命表 (age-stage specific, two-sex life table) 的原理進行分析 (Chi & Liu 1985; Chi 1988; Yu *et al.* 2005; Huang & Chi 2012)，評估食物的合適性，將會有更正確、更有理論基礎的結果。

結論

東方果實蠅卵與瓜實蠅卵皆為錨紋瓢蟲的「必需的」(essential)、「合適的飼料」(adequate)，而且前者略優於後者。由於個體間存在發育速率、存活率等的差異，以及雄性在族群中的角色不該被忽略，若能利用兩性生命表的原理進行分析將會更有理論基礎。雖然可以將取食者的幼蟲與成蟲分開來評估食物的合適性，但幼蟲的取食經歷會對羽化後的成蟲產生影響，釐清其間的關聯性才是食物能否被用於取食者繼代飼養的真正考驗。

誌謝

本研究結果承本所作物組呂椿棠博士指正統計的分析與應用，由衷感謝。本所應用動物組同仁溫美貞與葉玉惠小姐等，協助棉蚜的飼養及其寄主植物的栽培等試驗相關工作，使本文得以順利完成，在此一併誌謝。

引用文獻

Abdel-Salam, A. H. and N. F. Abdel-Baky. 2001. Life table and biological studies of *Harmonia axyridis* Pallas (Col., Coccinellidae) reared on the grain moth eggs of *Sitotroga cerealella* Olivier (Lep., Gelechiidae). J. Appl. Entomol. 125:455–462.

Bonte, M., M. A. Samih, and P. De Clercq. 2010. Development and reproduction of *Adalia bipunctata* on factitious and artificial foods. BioControl 55:485–491.

Chi, H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. Environ. Entomol. 17:26–34.

Chi, H. and H. Liu. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. Bull. Inst. Zool. Acad. Sin. 24:225–240.

Chiu, H. T. 1978. Studies on the improvement of mass rearing for oriental fruit flies. Plant Prot. Bull. 20:87–92. (in Chinese with English abstract)

Chu, Y. I. and T. F. Shueh. 1976. The rearing of two aphidophagous coccinellid beetle, *Lemnia swinhoei* (Crotch) and *Menochilus sexmaculus* (Fabricius) with substituted diets. Plant Prot. Bull. 18:58–74. (in Chinese with English abstract)

Dmitriew, C. and L. Rowe. 2011. The effects of larval nutrition on reproductive performance in a food-limited adult environment. PLoS One 6:e17399.

Dong, Y. J. and C. C. Chen. 2004. Evaluation on the toxic effects of phloxine B to the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). J. Agric. Res. China 53:239–248. (in Chinese with English abstract)

Dong, Y. J., C. W. Song, Y. Y. Chuang, K. S. Chiang, W. J. Wu, L. L. Cheng, and C. C. Chen. 2011. Degree of fruit ripeness affecting infestation of papaya by two species of fruit flies (Diptera: Tephritidae). J. Taiwan Agric. Res. 60:253–262.

Evans, E. W., A. T. Stenenson, and D. R. Richards. 1999. Essential versus alternative foods of insect predators: benefits of a mixed diet. Oecologia 121:107–112.

Hamasaki, K. and M. Matsui. 2006. Development and reproduction of an aphidophagous coccinellid, *Propylea japonica* (Thunberg) (Coleoptera: Coccinellidae), reared on an alternative diet, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) eggs. Appl. Entomol. Zool. 41:233–237.

Huang, Y. B. and H. Chi. 2012. Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life tables to insect populations. Insect Sci. 19:263–273.

Hussein, M. Y., M. Sari, and S. E. Khor. 1999. Advances on the development of artificial diets of *Menochilus sexmaculatus* Fab. (Coleoptera: Coccinellidae). p.527–528. *in*: Proceeding of the 5th International Conference on Plant Protection in the Tropics. March 15–18, 1999. Kuala Lumpur, Malaysia. Malaysian Plant Protection Society, Malaysia.

Kato, C. M., V. H. P. Bueno, J. C. Moraes, and A. M. Auad. 1999. Criação de *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) em Ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). An. Soc. Entomol. Bras. 28:455–459.

Kuznetsov, V. N. and H. Pang. 2002. Employment of Chinese coccinellidae in biological control of aphids in greenhouse in primorye. Far Eastern Entomol. 119:1–5.

Liu, Y. C. and T. Y. Shiao. 1984. Mass production of the melon fly *Dacus cucurbitae* Coquillett. I. Mass rearing technique of the larvae. Bull. Soc. Entomol. NCHU 17:1–13. (in Chinese with English abstract)

Majeus, M. E. N. 1994. Female promiscuity maintains high fertility in ladybirds (Col. Coccinellidae). Entomol. Mon. Mag. 130:205–209.

Michaud, J. P. 2005. On the assessment of prey suitability in aphidophagous Coccinellidae. Eur. J. Entomol. 102:385–390.

Michaud, J. P. and J. L. Jyoti. 2008. Dietary complementation across life stages in the polyphagous lady beetle *Coleomegilla maculata*. Entomol. Exp. Appl. 126:40–45.

Munyaneza, J. and J. J. Obrycki. 1998. Development of three populations of *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on eggs of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). Environ. Entomol. 27:117–122.

Omkar, J. S. and G. Kumar. 2010. Effect of prey quantity on reproductive and developmental attributes of a ladybird beetle, *Anegleis cardoni*. Intl. J. Tropic. Insect Sci. 30:48–56.

Sarwar, M. and S. M. Saqib. 2010. Rearing of predatory seven spotted ladybird beetle *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) on natural and artificial diets under laboratory conditions. Pakistan J. Zool. 42:47–51.

SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Inst. Inc. Cary. 1731 pp.

Schanderl, H., A. Ferran, and V. Garcia. 1988. L'élevage de deux coccinelles *Harmonia axyridis* et *Semiadalia undecomnotata* à l'aide d'oeufs d'*Anagasta kuehniella* tués aux rayons ultraviolets. Entomol. Exp. Appl. 49:417–421. (in French with English abstract)

Silva, R. B., J. C. Zanuncio, J. E. Serrão, E. R. Lima, M. L. C. Figueiredo, and I. Cruz. 2009. Suitability of different artificial diets for development and survival of stages of the predaceous ladybird beetle *Eriopis connexa*. Phytoparasitica 37:115–123.

Tao, C. C. 1990. *Aphis gossypii* Glover. p.176–177. *in*: Aphid-Fauna of Taiwan Province, China. (Tao, C. C., ed.) Taiwan Provincial Museum. 327 pp. (in Chinese)

Ware, R. L., B. Yguel, and M. E. N. Majerus. 2008. Effects of larval diet on female reproductive output of the European coccinellid *Adalia bipunctata* and the invasive species *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). Eur. J. Entomol. 105:437–443.

Yu, J. Z. and B. H. Chen. 2001a. Effect of concealment and rearing density on the development and survival of *Lemnia biplagiata* (Coleoptera: Coccinellidae). J. Agric. Res. China 50:68–74. (in Chinese with English abstract)

Yu, J. Z. and B. H. Chen. 2001b. Release of *Lemnia biplagiata* (Coleoptera: Coccinellidae) to control *Uroleucon formosanum* (Homoptera: Aphididae) on romaine lettuce in screen house. J. Agric. Res. China 50:107–111. (in Chinese with English abstract)

Yu, J. Z., Y. C. Liu, and B. H. Chen. 1997. Resistance of three muskmelon cultivars to *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). Chinese J. Entomol. 17:245–256. (in Chinese with English abstract)

Yu, J. Z., H. Chi, and B. H. Chen. 2005. Life table and predation of *Lemnia biplagiata* (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) with a proof on relationship among gross reproduction rate, net reproduction rate, and preadult survivorship. Ann. Entomol. Soc. Amer. 98:475–482.

Assessment of the Suitability of *Bactricera dorsalis* Hendel and *Bactricera cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae) Eggs as Alternative Food of *Lemnia biplagiata* (Swartz) (Coleoptera: Coccinellidae)

Jih-Zu Yu[1,*]

Abstract

Yu, J. Z. 2013. Assessment of the suitability of *Bactricera dorsalis* Hendel and *Bactricera cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae) eggs as alternative food of *Lemnia biplagiata* (Swartz) (Coleoptera: Coccinellidae). J. Taiwan Agric. Res. 62(1):1–10.

The suitability of *Bactrocera dorsalis* Hendel and *Bactrocera cucurbitae* Coquillett eggs served as alternative food of the lady beetle [*Lemnia biplagiata* (Swartz)] was evaluated. Experiments were carried out under laboratory conditions at 25℃ ± 1℃, 75% ± 10% RH, and a photoperiod of 14 h:10 h (L:D). Results showed that the developmental period and adult body weight for the larvae raised on both flies eggs are inferior to that raised on the reference diet, *Aphis gossypii* Glover, with 35, 34 and 36 individuals completed into adulthood, respectively. Total number of eggs laid per female were 512.2 and 405.2 eggs when the adult were reared on eggs of both two fly species, respectively. Thus, eggs of both flies can be considered as the "adequate" food for rearing *L. biplagiata*. Since the age-stage specific fecundity (f_x, number of egg produced per female) was almost larger than the age specific fecundity (m_x, number of egg produced per individual) obtained in this study, the increase potential of a population may possibly be overestimated if male population is not taken into consideration.

Key words: *Lemnia biplagiata* (Swartz), *Bactricera dorsalis* Hendel, *Bactricera cucurbitae* Coquillett, *Aphis gossypii* Glover, Suitability.

Received: September 28, 2012; Accepted: October 30, 2012.
* Corresponding author, e-mail: jzyu@tari.gov.tw
1 Assistant Research Fellow, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 62(1):11–20 (2013)
DOI:10.6156/JTAR.2013.06201.02

白花蝴蝶蘭葉片性狀與開花性狀之相關性探討

蔡娟婷[1] 賴思倫[2] 陳珊妮[3] 戴廷恩[4] 謝廷芳[4] 呂椿棠[5,*]

摘要

蔡娟婷、賴思倫、陳珊妮、戴廷恩、謝廷芳、呂椿棠。2013。白花蝴蝶蘭葉片性狀與開花性狀之相關性探討。台灣農業研究 62(1):11–20。

本研究以三個不同蘭園栽培的白花蝴蝶蘭 [*Phalaenopsis amabilis* (L.) Bl.] 未開花大苗各 40 株為試驗材料，調查每株之葉片外觀性狀與開花後的花朵性狀，用來探討開花前葉片性狀與開花後花朵性狀之間的關係。將所有植株的 6 個葉片性狀及 6 個花朵品質性狀進行典型相關分析 (canonical correlations analysis)，結果顯示，葉片性狀組與花朵品質性狀組之間具有極顯著的相關性，前兩對典型相關係數分別為 0.88 與 0.56，在葉片性狀組中以第二葉片厚度 (LT2)、第一葉片寬度 (LW1)、第二葉片寬度 (LW2)、第三葉片寬度 (LW3) 等 4 個性狀，對於葉片性狀典型相關變數的影響較大。花朵品質性狀組中以花朵總數 (TFN)、花梗長度 (SL)、花梗直徑 (SD)、花朵直徑 (FS)、花梗數 (SN)、花瓣厚度 (PT) 等 6 個性狀，對於花朵品質性狀典型相關變數的影響較大；而葉片性狀組中以 LT2、LW1、LW2、LW3 等 4 個性狀對花朵品質性狀典型相關變數的影響較大。因此，若希望未來能獲得較佳之開花品質，應選擇第二葉片較厚及第一、二與三成熟葉片的寬度較大之植株。此結果可提供蝴蝶蘭栽培業者參考應用，並能利用簡單的測度工具即可快速獲得量測數據，作為催花判斷的依據。

關鍵詞：蝴蝶蘭、外觀性狀、開花品質、典型相關分析。

前言

蝴蝶蘭為台灣重要外銷花卉之一，2011 年之外銷值達 9 仟 8 佰萬美元。主要經營模式之一，係將未開花苗株送至外銷國後，於當地培養至開花再行販售。但是因蝴蝶蘭種苗不易自外觀鑑定其成熟度，導致外銷後之催花成功率極不穩定，為拓展台灣蝴蝶蘭外銷市場之一大障礙。因此，如何由植株外觀性狀判斷該株能否於當年度抽梗開花，以及開花後之花朵品質能達商品價值，是選拔外銷植株的重要關鍵。

蝴蝶蘭幼苗需經一段時間營養生長，方能接受環境刺激而抽梗開花，稱之為蝴蝶蘭之幼年性 (juvenility) (Lee 1991; Ichihashi 1993)，而不同品種之幼年期有所差異。根據前人研究 (Lee & Wang 1997)，蝴蝶蘭之抽梗率與葉面積呈正相關，葉面積愈大，其感應涼溫至抽梗所需時間愈短。而除了葉面積之外，目前尚無其他指標可作為預估蝴蝶蘭株開花能力之可靠依據。一般業者多以葉片數、雙葉幅或莖徑等外在性狀作為成熟株之判別指標。而當族群之外在性狀、或是出瓶後之栽培期有極大差異時，雖然可經由目視並利用這些指標來判定植株未來之開花差異，惟當依以上指標篩選出來之所謂成熟株，是否

投稿日期：2012 年 9 月 30 日；接受日期：2012 年 11 月 1 日。
* 通訊作者：tang@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所花卉研究中心特聘研究員。台灣 雲林縣。
[2] 農委會農業試驗所花卉研究中心助理研究員。台灣 雲林縣。
[3] 農委會農業試驗所花卉研究中心助理。台灣 雲林縣。
[4] 農委會農業試驗所花卉研究中心研究員。台灣 雲林縣。
[5] 農委會農業試驗所作物組副研究員。台灣 台中市。

皆可開出具商業價值之開花品質，則仍有存疑。破壞性之生理檢測，如植株各部位之碳水化合物含量變化 (Lee & Lee 1996)、植株腋芽之切片觀察 (Lin 2002) 等，雖亦可能作爲蝴蝶蘭開花品質之預測指標，但是因爲這些方法需破壞植株，且極爲耗時並需有特殊設備及技術，因此較不具產業實用性。蝴蝶蘭苗之非破壞性品質鑑定，目前尚無快速易行之指標。曾有研究 (Hsu 2006) 以葉綠素螢光 (chlorophyll fluorescence) 測定值，作爲蝴蝶蘭瓶苗出瓶後之生長勢評估，以利進行苗株之篩選。但是，葉綠素螢光測定儀之價格昂貴，且大量篩選時需耗費許多時間，並不適用於大規模之商業栽培。而目前蝴蝶蘭業界對於外銷植株的選定，大都以其莖徑、葉幅與葉數等 3 種性狀的測量值，作爲判定外銷至當地後能否抽梗開花之鑑定標準，然而這些方法目前並沒有相關的試驗報告與以佐證。因此，考量未來應用上需測度快速、方便與準確性之前提下，本研究以非破壞性調查爲主，調查植株之外觀性狀與開花性狀，期能找出其中具相關性之指標，以作爲預估未來開花品質之參考依據。

典型相關分析 (canonical correlations analysis) 是多變數分析方法的一種 (Johnson & Wichern 1992)，多被用來探討兩組變數之間的相關性，當欲探討之因果關係已非兩個變數所能釐清，而是一種多對多的關係性時，可透過典型相關分析，在每一組變數中選擇若干個有代表性的綜合指標，經由兩組綜合指標之間的關係來反映兩組變數的關係。典型相關分析常用於作物育種的研究，例如探討水稻根部性狀與地上部相關產量性狀之間的影響關係 (Mahmoud *et al.* 2006)、玉米籽粒性狀與品質成分的關係 (Yang *et al.* 2006)、烤菸之物理性狀與化學成分的關係 (Li *et al.* 2007)、加工番茄之高產性狀與品質性狀的關係 (Wang *et al.* 1999) 等。而應用於花卉作物之外觀性狀與開花品質關係探討，則國內外相關文獻皆付之闕如。

白花蝴蝶蘭 [*Phalaenopsis amabilis* (L.) Bl.] 是蝴蝶蘭屬 (*Phalaenopsis*) 中最具代表性的種 (species)，台灣爲其原產地之一。在商業栽培中，其已成爲一獨立商品，尤其受到日本消費者喜愛，是台灣蝴蝶蘭產業中極重要之外銷產品。因此，本研究以 *Phal. amabilis* 未抽梗植株爲材料，調查植株外表性狀及抽梗、開花特性，並進行典型相關分析，期能找出對開花後之花朵品質影響較大的葉片性狀，以建立可快速預估未來開花品質的量化指標。

材料與方法

植株性狀調查

蝴蝶蘭同一株系之營養繁殖苗，可能因瓶內組培繁殖方法及繁殖代數之差異、或出瓶後栽培環境及栽培方法之差異，造成生長速率之差異。故本研究之試驗材料不以株齡爲依據，而由蘭園依經驗篩選認可已達商業催花標準之植株爲材料，主要以葉片數、葉幅及莖徑爲判斷基礎。而爲了建立 *Phal. amabailis* 不同營養繁殖系共用之外觀品質鑑定標準，本研究於 2007 年 8 月間自台大 (Taida)、育品 (Yu-Pin) 及一心 (I-Hsin) 等台灣三個大規模生產蘭園分別購入待催梗而未抽梗之 *Phal. amabilis* 大苗各 40 株，統一於行政院農業委員會農業試驗所花卉研究中心之溫室進行馴化。2007 年 9 月 17–18 日完成所有植株之葉片性狀調查，包括葉片數 (LN)、雙葉幅 (LS)、第 2、3 片成熟葉片厚度 (LT2、LT3)、各成熟葉片長 (LL) 與葉片寬 (LW) 等。葉面積 (LA) 則依 Lin & Lee (1988) 之葉面積估算公式，進行各植株葉面積的估算。所有植株置於溫室中使其自然抽梗開花，然後調查各植株之抽梗日期及開花日期，並於開花期間調查花朵數 (TFN)、花梗數 (SN)、花梗長度 (SL)、花梗直徑 (SD)、花徑 (FS)、花瓣厚度 (PT) 等 6 個花朵品質性狀。

各調查項目中，葉片數之計算，當最上位葉之長度大於同向下一葉之二分之一時，視爲一片葉片，若小於二分之一，則不計入葉

片數中。總葉面積則不論該植株之葉片大小，全部加總計算。以垂直目視植株最大葉片展開直線距離測度做爲雙葉幅、以葉片之最長及最寬之長度分別代表該葉之葉長及葉寬，葉片厚度則以葉片長度二分之一處、葉緣至葉脈二分之一處之厚度爲代表。以花梗突出莖部達 5 mm 時之日期作爲抽梗日期、以第一朵花平展開放時之日期爲開花日期、以花梗基部至第一朵花之距離爲花梗長度、並以第一朵花平展開放時之最大橫徑視爲花徑。

統計分析方法

所有統計分析工作皆採用 SAS 統計分析軟體執行 (SAS Institute Inc. 2004)，調查資料先進行各變數之基本統計量與簡單相關分析，以瞭解不同蘭園來源之植株在外觀性狀與開花表現上的差異及個別性狀間的關係。簡單相關分析僅能瞭解兩變數之間的關係程度，當有兩組變數且各都含一個以上的變數，要探討此兩組變數之間的關係，便要利用典型相關分析，才能確立兩組變數間的關係強度，再進一步找出較具影響力的變數。本研究之調查性狀可明顯區分爲葉片性狀組與花朵品質性狀組，希望透過典型相關分析，探討葉片性狀組與花朵品質性狀組兩組變數之間的相關性，及對於該組有較具影響力的變數。最後，根據這些結果歸納出蝴蝶蘭葉片性狀中哪些性狀對於開花的品質有較大的影響程度。

結果

三個不同蘭園來源之 *Phal. amabilis* 大苗植株形態如圖 1 所示。比較購自三個不同蘭園植株之葉片性狀與花朵性狀調查資料的平均值，一心蘭園植株之葉片數 (LN) 較多，但是葉片厚度 (LT) 較薄，且葉片寬度 (LW) 較小。第一、二、三片葉之葉面積 (LA) 及平均單葉面積 (MLA)，則以台大蘭園較大。至於花朵品質中的花朵總數 (TFN)、花瓣厚度 (PT)、花梗數 (SN) 及花梗直徑 (SD)，則三個蘭園植株的表現皆相近 (表 1)。

爲瞭解植株總葉面積較大者是否具有提

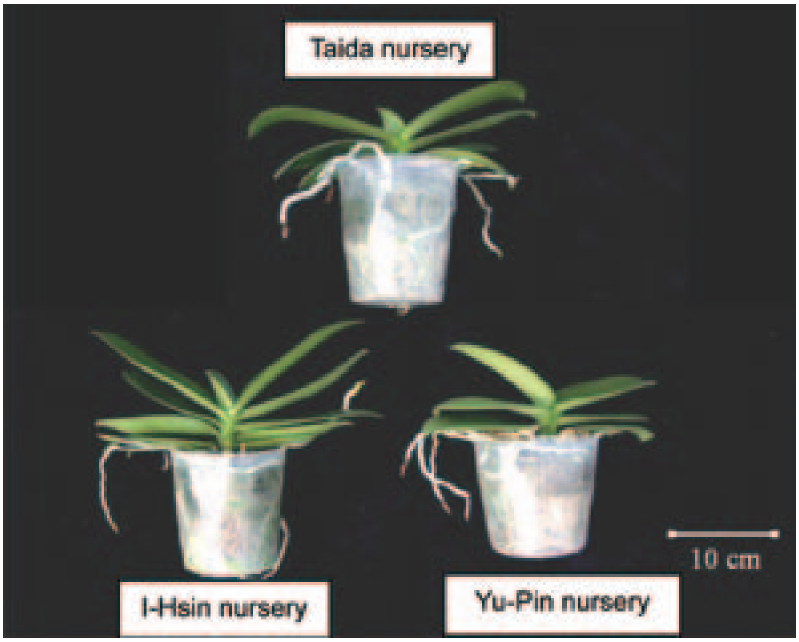


圖 1. 三個蘭園之 *Phalaenopsis amabilis* 植株形態。

Fig. 1. Plants of *Phalaenopsis amabilis* collected from three different nurseries.

表 1. 三個蘭園 *Phalaenopsis amabilis* 植株之葉片及開花性狀。

Table 1. Leaf and flower characters of *Phalaenopsis amabilis* plants collected from three different nurseries.

Character		Mean ± SD		
		Taida nursery	I-Hsin nursery	Yu-Pin nursery
Leaf	Leaf number (LN)	5.3 ± 0.7	7.0 ± 0.7	5.8 ± 0.6
	Leaf span (LS) (cm)	24.7 ± 1.5	22.2 ± 2.7	19.6 ± 2.0
	Thickness of 2nd leaf (LT2) (mm)	2.8 ± 0.2	1.9 ± 0.2	2.6 ± 0.2
	Thickness of 3rd leaf (LT3) (mm)	2.9 ± 0.2	2.1 ± 0.1	2.9 ± 0.2
	Length of 1st leaf (LL1) (cm)	12.6 ± 0.9	14.1 ± 1.1	10.5 ± 1.0
	Width of 1st leaf (LW1) (cm)	8.3 ± 0.4	5.6 ± 0.3	7.6 ± 0.6
	Area of 1st leaf (LA1) (cm^2)	75.9 ± 8.1	58.0 ± 6.3	58.4 ± 7.1
	Length of 2nd leaf (LL2) (cm)	12.3 ± 0.8	13.1 ± 1.0	10.5 ± 1.1
	Width of 2nd leaf (LW2) (cm)	8.4 ± 0.4	5.9 ± 0.3	7.9 ± 0.6
	Area of 2nd leaf (LA2) (cm^2)	76.0 ± 7.5	56.4 ± 5.2	60.4 ± 7.2
	Length of 3rd leaf (LL3) (cm)	11.7 ± 1.1	11.7 ± 1.1	10.6 ± 0.9
	Width of 3rd leaf (LW3) (cm)	8.1 ± 0.7	5.9 ± 0.4	8.1 ± 0.5
	Area of 3rd leaf (LA3) (cm^2)	69.6 ± 9.4	50.7 ± 6.7	62.7 ± 6.2
	Length of 4th leaf (LL4) (cm)	10.7 ± 1.6	12.3 ± 1.1	10.2 ± 1.2
	Width of 4th leaf (LW4) (cm)	7.4 ± 0.9	5.9 ± 0.4	7.7 ± 0.5
	Area of 4th leaf (LA4) (cm^2)	58.4 ± 13.8	53.2 ± 7.1	57.1 ± 7.8
	Total leaf area (TLA) (cm^2)	366.5 ± 39.6	362.7 ± 34.6	331.8 ± 37.7
	Mean leaf area (MLA) (cm^2)	69.4 ± 7.5	52.4 ± 5.1	57.3 ± 6.0
Flower	Spike number (SN)	2.2 ± 0.4	2.2 ± 0.4	2.3 ± 0.5
	Spike length (SL) (cm)	29.7 ± 2.8	25.4 ± 2.1	27.7 ± 3.6
	Spike diameter (SD) (mm)	1.7 ± 0.2	1.7 ± 0.1	1.8 ± 0.2
	Flower number of 1st spike (FN1)	10.6 ± 1.4	11.7 ± 2.4	10.5 ± 1.9
	Flower number of 2nd spike (FN2)	9.3 ± 1.3	9.6 ± 1.6	9.7 ± 1.8
	Total flower number (TFN)	21.7 ± 3.0	22.4 ± 3.2	22.2 ± 3.5
	Flower size (FS) (cm)	8.1 ± 0.2	6.7 ± 0.2	7.6 ± 0.4
	Petal thickness (PT) (mm)	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1

早抽梗的現象，比較三個蘭園所有植株之總葉面積與抽梗率之關係，所有植株之總葉面積介於 260–446 cm^2 之間 (圖 2)，最大與最小者相差 186 cm^2，大約 3 片葉片之葉面積和。抽梗日期則介於 9 月 21 日 –11 月 25 日之間，相差約 2 個月。當總葉面積小於 322 cm^2 時，所有植株皆於 10 月 23 日之後才抽梗；總葉面積介於 322–384 cm^2 時，有 30% 植株可於 10 月 22 日之前抽梗；但是當總葉面積大於 385 cm^2 時，則有 50% 植株可於 10 月 22 日之前抽梗，其中有 10% 植株可提早至 10 月 6 日前抽梗 (圖 2)。

來自三個蘭園的植株皆有抽梗開花，首先探討葉片性狀與花朵品質性狀之間的相關性，就 12 個葉片性狀與 6 個開花品質性狀的簡單相關分析結果 (表 2)，其中花朵品質性狀的 SL、FS、PT 與和葉片性狀的各葉厚度與葉寬之間幾乎全具有顯著的正相關關係，其餘性狀之間則較無一致的顯著關係。自葉片性狀組選用 LN、LS、LT2、LW1、LW2、LW3 等 6 個性狀，而花朵品質性狀組為 TFN、SL、FS、PT、SN 及 SD 等 6 個性狀。利用典型相

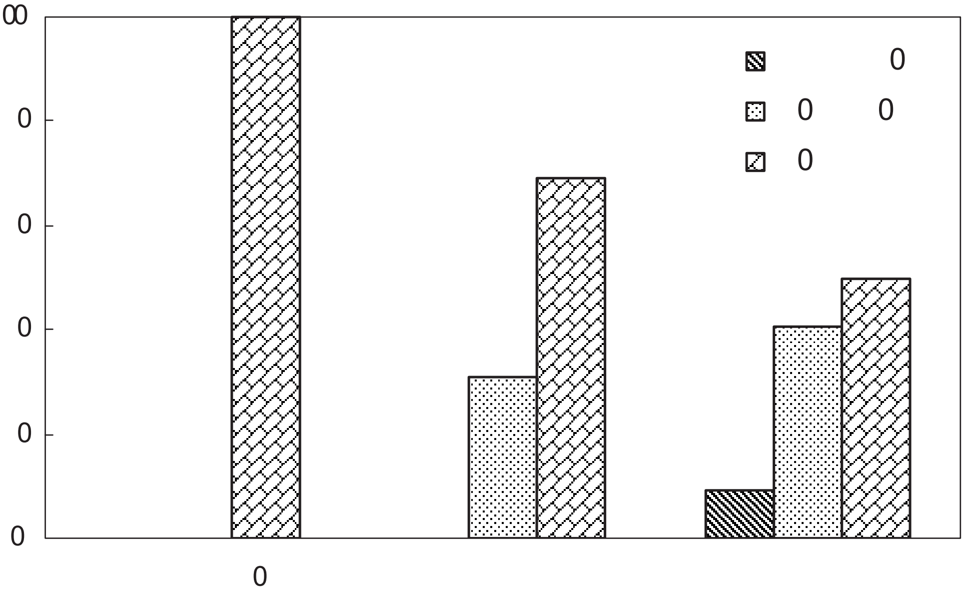


圖 2. *Phalaenopsis amabilis* 植株總葉面積與抽梗率之關係。

Fig. 2. Relationship between total leaf area and spiking rate of *Phalaenopsis amabilis*.

表 2. 葉片性狀與開花性狀之間的簡單相關分析。

Table 2. The simple correlations between leaf and flower related characters.

Character	LN [y]	LS	LT2	LT3	LW1	LW2	LW3	LW4	LL1	LL2	LL3	LL4
TFN [z]	0.13	-0.01	-0.17	-0.13	-0.05	-0.12	-0.05	0.02	0.02	0.08	0.10	-0.19*
SL	-0.41**	0.25**	0.42**	0.37**	0.43**	0.5**	0.43**	0.30**	-0.13	0.04	0.18	-0.10
FS	-0.64**	0.21*	0.79**	0.78**	0.83**	0.84**	0.72**	0.58**	-0.36**	-0.25*	-0.05	-0.37**
PT	-0.06	-0.21*	0.20*	0.30**	0.16	0.20*	0.30**	0.34**	-0.28**	-0.22*	-0.11	-0.08
SN	0.001	0.10	0.01	0.06	0.01	-0.001	0.07	0.16	-0.04	-0.08	-0.003	-0.07
SD	-0.15	-0.36**	0.10	0.22*	0.14	0.12	0.23*	0.21*	-0.37**	-0.4**	-0.25**	-0.20*

[z] TFN: total flower number; SL: spike length; FS: flower size; PT: petal thickness; SN: spike number; and SD: spike diameter.

[y] LN: leaf number; LS: leaf span; LT2: thickness of 2nd leaf; LT3: thickness of 3rd leaf; LW1: width of 1st leaf; LW2: width of 2nd leaf; LW3: width of 3rd leaf; LW4: width of 4th leaf; LL1: length of 1st leaf; LL2: length of 2nd leaf; LL3: length of 3rd leaf; and LL4: length of 4th leaf.

*, ** Significant at 5% and 1% levels, respectively (n = 120).

關分析來探討葉片性狀與花朵品質性狀兩組變數之間的關係強度，分析結果顯示，兩組變數的 Wilks' Lambda 檢定結果達極顯著水準，表示這兩個性狀組之間有相關性存在，如表 3。而此 6 個典型變數對的近似 F 檢定結果，前 3 個典型變數對的相關係數皆達極顯著水準，表示由葉片性狀與花朵品質性狀之間所構成的 3 個典型變數對之間具有顯著的相關性。前 3 個典型變數對以第 1 對典型變數的解釋能力 (squared canonical correlation) 達 77% 爲最高 (表 3)，第 2 對典型變數的解釋能力爲 31%，前兩對典型變數的解釋能力累積已達 93%。第 3 對典型變數的解釋能力爲 14%，且對於累積解釋變異的程度只有 3%。由於第 3 對典型變數對於整體的貢獻度相對較小，因此本研究將採用前兩對典型變

表 3. *Phalaenopsis amabilis* 葉片和花朵品質性狀之典型相關分析檢定結果。

Table 3. The canonical correlations between leaf and flower related characters, approximate F, and significant level for *Phalaenopsis amabilis*.

Canonical correlation coefficient	Squared canonical correlation coefficient	Cumulative canonical correlation coefficient	Approximate F	Pr > F
0.88 [z]	0.77	0.82	8.43	< 0.0001
0.56	0.31	0.93	3.25	< 0.0001
0.37	0.14	0.96	2.16	< 0.0063
0.28	0.08	0.98	1.89	0.053
0.21	0.05	1.00	1.89	0.1136
0.14	0.02	1.00	2.21	0.14

[z] The 1st canonical variate.

數所構成的線性組合，來探討葉片性狀和花朵品質性狀兩組變數之間的關係。

從典型負荷量的相關結構有助於釐清原始變數與典型相關變數的貢獻程度及影響性，Lambert & Durand (1975) 指出當典型負荷量的值大於 0.3 以上，表示此原始變數對於典型相關變數具有影響性。本研究由葉片性狀組與花朵品質性狀組對典型相關變數所獲得之典型負荷量，取其前兩個典型負荷量的結果與相對應之典型相關係數，繪製原始變數與典型相關變數之間的關係圖。在葉片性狀組 6 個原始變數與第一對之葉片性狀典型相關變數 (V1) 的相關結構值，LT2、LW1、LW2、LW3 性狀之典型負荷量在 0.89 到 0.98 之間，但其中的 LN 性狀之典型負荷量爲 -0.74 (圖 3A)。其次，花朵品質性狀 6 個原始變數與第一對之花朵品質性狀典型相關變數 (W1) 的相關結構值，SL 與 FS 性狀之典型負荷量分別爲 0.54 與 0.97，而其餘 4 個性狀對於 W1 典型相關變數之影響則相對較小。

另外，第 2 對葉片性狀典型相關變數 (V2) 與葉片性狀組 6 個原始變數的相關結構值，其 LS 性狀的典型負荷量爲 -0.77 (圖 3B)。其次，第 2 對花朵品質性狀典型相關變數 (W2) 與花朵品質性狀之 6 個原始變數的相關結構值，FN、PT 與 SD 性狀之典型負荷量分別在 0.34 到 0.76 之間，但 SL 性狀之典型負荷量爲 -0.42，而 FS 與 SN 性狀對於 W2 典型相關變數之影響則相對較小。前述結果已知這兩組變數之間具有高度的相關性，因此再透過典型重疊分析的累積貢獻率分析，進一步探討葉片性狀組中各個原始葉片性狀對於花朵品質性狀典型相關變數的影響，結果示如表 4。就前兩對典型變數 (W1、W2) 的累積貢獻率，在 6 個葉片性狀中 LT2、LW1、LW2 及 LW3 等 4 個性狀，對於花朵品質性狀典型相關變數的累積貢獻程度較高，分別爲 66.6%、73.4%、73.9%、62.4%。

討論

在木本植物之研究，Hacket (1985) 認爲以植株大小來描述幼年性的轉變會較苗齡恰當，因其可避免環境因子所造成之影響，顯示出植株之大小爲判定植株是否進入成熟期之重要依據。而蝴蝶蘭之花芽創始，除了需有一基本營養生長量，還需足夠的低溫或是部分的低溫與短日刺激才會產生花芽 (Ichihashi 1993)。但若供給良好的生長環境，如光線或是施肥，使植株擁有更高量的營養生長量，則只要稍微的低溫或是短日刺激，即會導致花芽的創始。因此，營養生長量是影響植株是否具有開花能力之重要基礎 (Ichihashi 1993)。至於蝴蝶蘭的抽梗，則需要高量蔗糖來作爲刺激花芽分化及其後之一連串反應的激發物，因此葉面積大或是葉數多之植株，其內部累積糖分可能已達刺激花芽分化之程度而較易抽梗 (Kataoka *et al.* 2004)。根據 Lee

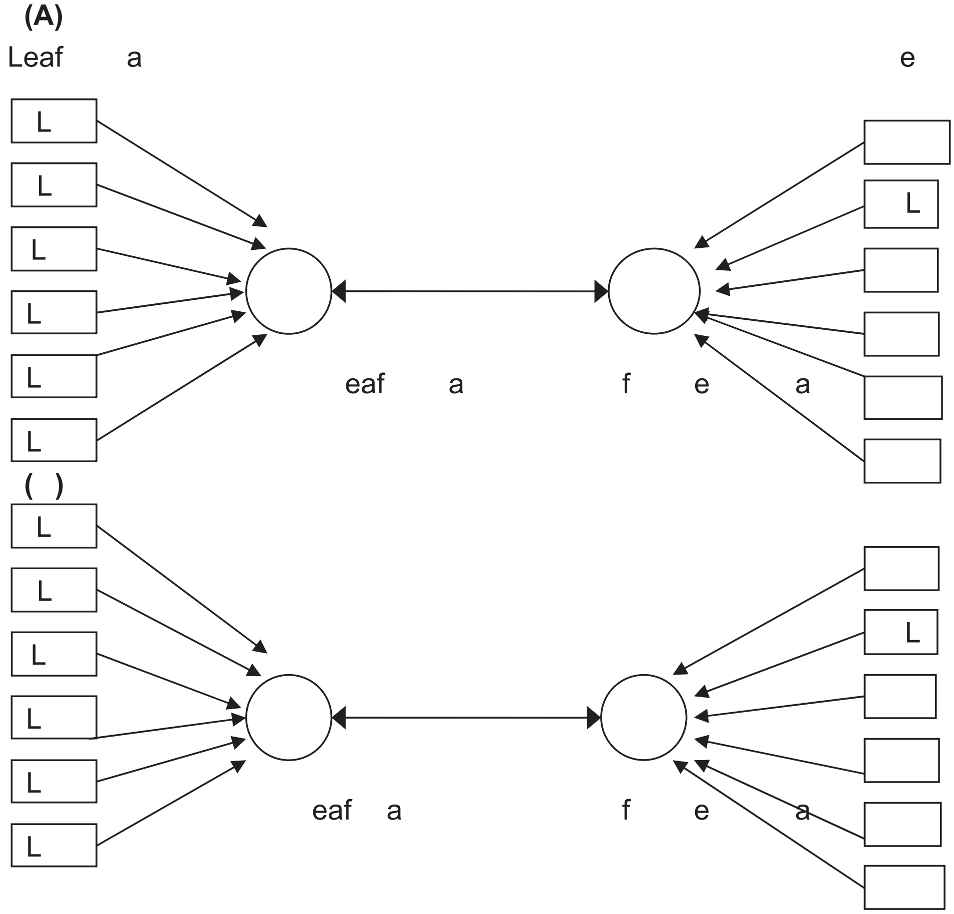


圖 3. 典型相關變數與原始變數之關係。(A) 第一對典型相關變數與其對應之原始變數間的典型負荷量關係；(B) 第二對典型相關變數與其對應之原始變數間的典型負荷量關係。

Fig. 3. Relations of canonical variates to the leaf related characters and flower traits. (A) The 1st canonical variate; (B) The 2nd canonical variate. LN: leaf number; LS: leaf span; LT2: thickness of 2nd leaf; LW1: width of 1st leaf; LW2: width of 2nd leaf; LW3: width of 3rd leaf; TFN: total flower number; SL: spike length; FS: flower size; PT: petal thickness; SN: spike number; and SD: spike diameter.

表 4. 葉片性狀與花朵性狀典型變數之典型重疊分析的累積貢獻率。

Table 4. Canonical redundancy analysis of the leaf traits contributing to the canonical variates of the flower related characters.

Character	W1 [y]	W2	W3	W4	W5	W6
LN [z]	0.424	0.425	0.424	0.432	0.443	0.445
LS	0.020	0.207	0.222	0.236	0.240	0.240
LT2	0.666	0.666	0.667	0.667	0.671	0.672
LW1	0.730	0.734	0.739	0.739	0.739	0.739
LW2	0.739	0.739	0.739	0.739	0.740	0.740
LW3	0.607	0.624	0.636	0.639	0.641	0.641

[z] LN: leaf number; LS: leaf span; LT2: thickness of 2nd leaf; LW1: width of 1st leaf; LW2: width of 2nd leaf; and LW3: width of 3rd leaf.

[y] The 1st canonical variate of flower related characters.

& Lin (1987) 之研究，總葉面積較大的植株，即使未接受 25℃以下低溫刺激，也具有開花能力。而生育緩慢，植株葉面積較小者，即使在低溫下亦不易開花。Lee & Wang (1997) 之研究亦顯示，*Phal.* [Mount Kaala ‘Elgance’ × (Keith Shaffer × Winter Maiden)] 自交實生植株之葉面積達 106 cm^2 時，在低溫下雖可抽梗，但無法順利開花，顯示葉面積是影響開花的重要因子之一。而本研究亦顯示，*Phal. amabilis* 之總葉面積較大的植株，其提早開花之機會較高。

根據 Lin (2002) 研究指出，*Phal. amabilis* 出瓶 23–447 d 之不同大小苗期植株，其雙葉幅約在 13–27 cm 範圍內，與未來之開花朵數呈直線正相關性，而葉幅小於 10 cm 者因爲無法抽梗，而視爲仍處於幼年期，因此認爲雙葉幅可作爲植株進入生殖生長之指標。而除了雙葉幅之外，乾鮮重、莖直徑、根數等之生長量在轉換期前後，呈現兩段斜率不同的線性關係，亦可作爲生長相轉換的相關性指標。但是本研究中以同爲被業者認爲具開花能力之植株爲材料，其葉幅及莖徑與抽梗日期、開花日期及開花品質卻無顯著相關性。其原因爲本研究所使用之材料，皆爲業者所認定之具開花能力之植株。因此，當植株之葉幅及莖徑性狀相似時，仍有抽梗日期與開花品質之差異，此仍無法作爲品質鑑定的適當指標。如何在這些植株中再進行篩選出可抽梗一致及開出具商業價值之花朵品質之植株，乃一大難題。而 Lin (2002) 之研究爲長時間之持續性生長調查，在產業應用上亦較難實施。

根據 Guo (1999) 之研究顯示，成熟葉之 CO_2 吸收能力大致隨著節位下降而下降，其中又以第二葉，即最新成熟葉片之 CO_2 吸收能力最高、光合作用能力最強，因此第二葉之生長勢爲花朵品質的重要指標。Avadhani *et al.* (1978) 之研究指出，當有強大的積貯 (sink) 需求時，可提高鄰近葉片光合作用能力。而且蝴蝶蘭在形成花梗時，第二成熟葉之光合作用能力會明顯上升 (Ota *et al.* 1991)。本研究透過典型相關分析，得知兩對典型相關變數之間的典型相關係數值分別爲 0.88 與 0.56，且近似 F 檢定皆達極顯著水準 (圖 3)，顯示葉片性狀組與花朵品質性狀這兩對典型相關變數之間的相關是顯著存在的，亦即葉片性狀的表現會影響未來之開花品質。綜合這兩對典型相關變數分別與葉片性狀及花朵品質性狀原始變數之間的關係，LT2、LW1、LW2 與 LW3 性狀對葉片性狀典型相關變數具有正向且較大的貢獻度，而 FN、SL、FS、PT 與 SD 性狀對花朵品質性狀典型相關變數也具有正向且較大的貢獻度 (圖 3)。再者，以表 4 之典型重疊分析的結果來看，第 2 葉片厚度與前 3 個葉片寬度性狀對於花朵品質的影響程度自 60.7% 到 73.9%。顯示已成熟但未抽梗植株的第 2 片葉片較厚、前 3 片完整葉片之葉寬較大者，對於未來該植株之花朵品質具有正向且較大的影響性，推測未來抽梗後其花朵數會較多、花梗較長、第一朵花直徑較大、第一朵花瓣較厚及花梗直徑較大的趨勢，即具有較佳的花朵品質表現。此可能與這 3 片葉片之受光率較高，光合作用能力較強有關，因此其對花朵品質之影響較下位葉爲高。而選擇葉片之寬度相對較寬者對開花品質之影響則高於葉片長度，此亦意味著因爲低光度或肥培等因素造成之徒長植株，雖然有較長之葉片，但是未來之開花品質卻不一定較佳。

一般業者多以葉片數、葉幅或莖徑做爲蝴蝶蘭苗是否具有開花能力之鑑定指標，本研究分析結果顯示，所有參試植株其葉幅的範圍在 13.6–29.6 cm 之間，而表 4 之葉片性狀對於花朵品質性狀典型相關變數的影響結果，葉幅對於花朵品質性狀的影響雖爲正向，但在前兩個典型相關變數影響程度只有 20.7%，相較於葉片厚度與寬度性狀而言影響力確實較小。

本研究調查及分析許多葉片及花朵性狀，發現無法以單一葉片性狀作爲與開花品質中最重要性狀之花朵數或花朵大小有顯著之相關性。利用典型相關分析多個性狀間之相關性，結果顯示由上而下前三片葉之寬度與第 2

葉片厚度，對於未來之花朵數、花梗長度、花朵直徑、花朵厚度與花梗直徑等開花品質有關的影響程度最大。因此，利用此 4 個葉片性狀可作為預估 *Phal. amabilis* 未來開花品質之參考指標，並推薦給蝴蝶蘭栽培業者與外銷業者參考，以確保至外銷國家接力栽培後，能開出具有商品價值的花朵。未來將針對此次獲得較具影響力的外觀性狀，需達到何種大小程度才能保證以後有較佳的開花品質，進行試驗與統計分析工作，提供業者一個較明確的依據，進行開花候選植株的篩選，才能降低經營風險。

引用文獻

Avadhani, P. N., I. Khan, and Y. T. Lee. 1978. Pathways of carbon dioxide fixation in orchid leaves. p.1–12. *in*: Proceedings of the Symposium on Orchidology. (E. S. Teoh, ed.) Orchid Society of South-East Asia. Singapore. 101 pp.

Guo, W. J. 1999. A Study on Characteristics of Photosynthesis in Phalaenopsis. Master Thesis, Graduate Institute of Horticulture, National Taiwan University. Taipei. 137 pp. (in Chinese with English abstract)

Hacket, W. P. 1985. Juvenility, maturation, and rejuvenation in woody plants. Hort. Rev. 7:109–155.

Hsu, B. D. 2006. On the possibility of using a chlorophyll fluorescence parameter as an indirect indicator for the growth of *Phalaenopsis* seedlings. Plant Sci. 172:604–608.

Ichihashi, S. 1993. Phalaenopsis Breeding and Culture. Seibundo Shinkosha. Tokyo. 234 pp. (in Japanese)

Johnson, N. and D. Wichern. 1992. Applied Multivariate Statistical Analysis. 3rd ed. Prentice-Hall. Englewood Cliffs. 459 pp.

Kataoka, K., K. Sumitomo, T. Fudano, and K. Kawase. 2004. Changes in sugar content of *Phalaenopsis* leaves before floral transition. Sci. Hort. 102:121–132.

Lambert, Z. A. and R. M. Durand. 1975. Some precautions in using canonical analysis. J. Marketing Res. 12:468–475.

Lee, N. 1991. Juvenility in phalaenopsis. p.77–86. *in*: Proceedings of 2nd Symposium on Forcing Culture of Horticultural Crops. March 21–23, 1990. Nantou, Taiwan. Taichung Dist. Agric. Res. Exten. Stn., Taichung. (in Chinese)

Lee, N. and C. H. Lee. 1996. Changes in carbohydrates in Phalaenopsis during flower induction and inflorescence development. J. Chinese Soc. Hort. Sci. 42:262–275. (in Chinese with English abstract)

Lee, N. and G. M. Lin. 1987. Flowering regulation of Phalaenopsis. p.27–44. *in*: Proceedings of a Symposium on Forcing Culture of Horticultural Crops. May 13–14, 1987. Taichung, Taiwan. Taichung Dist. Agric. Res. Exten. Stn., Taichung. (in Chinese)

Lee, N. and M. C. Wang. 1997. Changes in mineral composition and carbohydrate contents from juvenile to mature phase in white-flowered Phalaenopsis plants. J. Chinese Soc. Hort. Sci. 43:295–305. (in Chinese with English abstract)

Li, D. L., Z. C. Xu, and J. Y. Chen. 2007. Canonical correlation analysis between main chemical components and physical properties in flue-cured tobacco leaves. J. Henan Agric. Univ. 41:492–497.

Lin, C. M. and N. Lee. 1988. Leaf area estimation and the effect of temperature on the growth of Phalaenopsis leaves. J. Chinese Soc. Hort. Sci. 34:73–80. (in Chinese with English abstract)

Lin, Y. Z. 2002. Studies on the Development of Axillary Buds in Relation to Manipulation of Flowering in Phalaenopsis. Master Thesis, Graduate Institute of Horticulture, National Taiwan University. Taipei. 192 pp. (in Chinese with English abstract)

Mahmoud, T., H. E. Shashidhar, and H. Sridhara. 2006. Influence of the root system on grain yield and related characters in rain fed lowland rice (*Oryza sativa* L.). Pak. J. Biol. Sci. 9:2267–2272.

Ota, K., K. Morioka, and Y. Yamamoto. 1991. Effects of leaf age, inflorescence, temperature, light intensity and moisture conditions on CAM photosynthesis in *Phalaenopsis*. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 60:125–132.

SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT User’s Guide. Version 9.1. SAS Inst. Inc. Cary. 750 pp.

Wang, Y. F., M. Wang, D. Y. Wang, and L. Wang. 1999. Canonical correlation analysis among high yield and quality characters of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). Sci. Agric. Sin. 32:20–25. (in Chinese)

Yang, Y. F., E. K. Xie, G. X. Shi, and M. Z. Shan. 2006. Canonical correlation among kernel quality characters in top-quality protein maize. Chinese J. Eco-Agric. 14:28–33.

Correlation Analysis between Leaf and Flower Traits of *Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume

Wei-Ting Tsai[1], Szu-Lun Lai[2], Shan-Ni Chen[3], Ting-En Dai[4], Ting-Fang Hsieh[4], and Chun-Tang Lu[5,*]

Abstract

Tsai, W. T., S. L. Lai, S. N. Chen, T. E. Dai, T. F. Hsieh, and C. T. Lu. 2013. Correlation analysis between leaf and flower traits of *Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume. J. Taiwan Agric. Res. 62(1):11–20.

Forty unspiked plants of *Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume were collected from each of three orchid nurseries as plant materials. The external traits of each plant were measured and the relationships between leaf and flowering qualities were assessed. The data collected from traits of 6 leaves and 6 flower of all plants were analyzed by canonical correlation. Results showed that the correlation between leaf-trait group and flower quality-trait group was significant. The first two canonical correlation coefficients were 0.88 and 0.56. Higher values of canonical correlation coefficients for leaf traits were in the thickness of second leaf (LT2), the width of first leaf (LW1), the width of second leaf (LW2), and the width of third leaf (LW3). For flower quality traits, the coefficients were higher in the total flower number (TFN), the spike length (SL), the spike diameter (SD), the flower size (FS), the spike number (SN), and the petal thickness (PT). The canonical variables for flower quality traits were significantly affected by leaf traits in groups of LT2, LW1, LW2 and LW3. In other words, better flowering quality could be expected with leaf traits of larger leaf area in the first three leaves and thicker leaf in the second leaf. These indicators could be used as non-destructive indices for selecting phalaenopsis plants that will have higher flower quality at a later time.

Key words: *Phalaenopsis*, External trait, Flower quality, Canonical correlations analysis.

Received: September 30, 2012; Accepted: November 1, 2012.
[*] Corresponding author, e-mail: tang@tari.gov.tw
[1] Contract Distinguished Research Fellow, Floriculture Research Center, Taiwan Agricultural Research Institute, Yunlin, Taiwan, ROC.
[2] Assistant Research Fellow, Floriculture Research Center, Taiwan Agricultural Research Institute, Yunlin, Taiwan, ROC.
[3] Assistant, Floriculture Research Center, Taiwan Agricultural Research Institute, Yunlin, Taiwan, ROC.
[4] Research Fellow, Floriculture Research Center, Taiwan Agricultural Research Institute, Yunlin, Taiwan, ROC.
[5] Associate Research Fellow, Crop Science Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 62(1):21–31 (2013)
DOI:10.6156/JTAR.2013.06201.03

基因轉殖水稻之農藝性狀與花粉媒介基因流佈於田間評估

曾清山[1] 林彥蓉[2] 關政平[1] 賴明信[3] 吳明哲[4,*]

摘要

曾清山、林彥蓉、關政平、賴明信、吳明哲。2013。基因轉殖水稻之農藝性狀與花粉媒介基因流佈評估。台灣農業研究 62(1):21–31。

本研究利用 3 個台農 67 號 (*Oryza sativa* L. ssp *japonica* TNG 67) 的基因轉殖水稻為材料，分別為轉殖澱粉普魯南糖水稻、轉殖豬乳鐵蛋白水稻及轉殖植酸酵素水稻，進行農藝性狀調查、花粉性狀評估及基因轉殖水稻藉由花粉媒介的基因流佈頻率之田間評估，以瞭解基因轉殖水稻在商業化生產種植前，對目前之水稻耕作系統有無影響。在農藝性狀調查中，三個轉殖品系每公頃產量皆低於台農 67 號水稻，每穗粒數以轉殖豬乳鐵蛋白水稻最高為 103.3 粒，轉殖植酸酵素水稻最低為 80.3 粒，二者達顯著差異。基因轉殖水稻花粉性狀評估試驗中，結果顯示轉殖澱粉普魯南糖水稻的花粉數量、花粉離體發芽率及花粉活力均低於台農 67 號水稻。基因轉殖水稻花粉媒介基因流佈田間試驗中，結果顯示在交叉種植設計中，以轉殖豬乳鐵蛋白水稻的花粉媒介基因流佈頻率最高為 7.82%，其次台農 67 號水稻及轉殖植酸酵素水稻分別為 7.13% 和 5.91%，最低為轉殖澱粉普魯南糖水稻只有 3.18%。在間隔種植設計中，則以台農 67 號水稻的花粉媒介基因流佈頻率最高為 2.8%，其次轉殖豬乳鐵蛋白水稻及轉殖植酸酵素水稻分別為 2.32% 和 1.53%，最低為轉殖澱粉普魯南糖水稻只有 0.54%。整體而言，三個轉殖品系的花粉媒介基因流佈頻率以轉殖澱粉普魯南糖水稻最低，而轉殖豬乳鐵蛋白水稻最高，可知花粉基因流佈頻率因不同的轉殖基因而異。

關鍵詞：基因轉殖水稻、花粉性狀、花粉媒介基因流佈。

前言

自 1996 年首例基因轉殖作物，美國 Calgene 公司轉基因耐儲藏番茄在美國商業化種植以來，隨著基因轉殖技術日漸成熟，基因轉殖作物不論種類、栽培面積及種植國家都逐年增加。到 2011 年種植基因轉殖作物面積已達 1.6 億公頃 (Clive 2011)，成爲現代農業史上應用最爲迅速的作物技術。然而各界對於基因轉殖作物及其產物在人畜食用安全性、基因污染及其他層面的生態環境安全問題仍存有疑慮，亟需在推廣基因轉殖作物前進行相關的科學評估與研究，讓公眾瞭解基因轉殖作物在生態環境中可能造成的風險，並使其風險降至最低 (Chandler & Dunwell 2008)。

在自然界，植物可透過種內和種間雜交產生新的基因型。基因轉殖作物與非轉殖栽培種或其野生近緣種雜交，就會發生外源基因的流佈，進而污染種原。特別是帶有抗性基因的基因轉殖作物，其外源基因若流佈到雜草上，會對農業生產和生態環境產生巨大的負面影響。因此瞭解作物的花粉特性及花粉擴散距離，將有助於防範基因轉殖作物外源基因藉由花粉媒介基因流佈的發生。

水稻是世界上主要的糧食作物之一，提

投稿日期：2012 年 9 月 3 日；接受日期：2012 年 12 月 24 日。
* 通訊作者：wu@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所生物技術組助理研究員。台灣 台中市。
[2] 國立台灣大學農藝學系副教授。台灣 台北市。
[3] 農委會農業試驗所作物組副研究員。台灣 台中市。
[4] 農委會農業試驗所生物技術組研究員兼組長。台灣 台中市。

供全球人類 23% 的糧食供給 (Fischer *et al.* 2000)。近年來利用基因轉殖技術培育而成的基因轉殖水稻越來越多，已經有許多基因成功的轉入水稻品種中，如抗病蟲害 (Bishun *et al.* 2008)，抗病毒、抗除草劑 (Kumar *et al.* 2008) 和耐旱、耐鹽 (Hu *et al.* 2006) 等特性。更進一步轉殖不同基因以提高不同成分在稻米中的含量，如 β- 胡蘿蔔素、高蛋白含量、高鐵含量等亦可見於文獻中 (Krishnan *et al.* 2003; Sivaprakash *et al.* 2006; Paine *et al.* 2005)。

水稻為自花授粉作物，族群間基因流佈的機率相當低，他花授粉的機會小於 1% (Bajaj & Mohanty 2005)，然而在水稻的育種過程中，研究人員仍舊關注花粉污染的問題。Oka (1988) 發現印度型 *indica* 栽培稻和野生種比日本型 *japonica* 栽培稻易發生雜交，其結果造成 *indica* 栽培稻和野生種的株高和開花時間趨近於栽培稻。

近年由於基因轉殖水稻已進入田間試驗和商業生產階段，基因轉殖水稻環境釋放可能帶來的生態風險和環境問題一直受到各國生態學家的關注，其中藉由花粉所引起的基因流佈問題最引人注目。在過去十多年間，許多研究人員利用栽培稻、紅米 (red rice, *Oryza sativa* L.) 及野生稻 (*Oryza rufipogon*) 為材料，以不同種植距離來探討水稻的花粉媒介基因流佈程度，藉以估算基因流佈的頻率。結果顯示基因流佈頻率從栽培種水稻至野生稻及紅米分別為 1.21–2.94% 及 0.011–0.046%，最遠距離在 250 m 處，仍然發現雜交種子 (Song *et al.* 2002, 2004; Lu *et al.* 2003; Chen *et al.* 2004; Messeguer *et al.* 2004; Wang *et al.* 2006)。藉由花粉媒介而產生的基因流佈，主要是受到氣候條件，如風向、風速、溫度及濕度等影響，因此不同地區所調查的結果也不同。除此之外，花粉貢獻親與接受親之間的距離 (Manasse 1992)、貢獻親花粉源的大小 (Farris & Mitton 1984)、授粉模式 (Govindaraju 1988)、花器構造 (Ellstrand & Elam 1993) 以及開花時間長短和花粉親和性 (Jarvis & Hodgkin 1999) 等因素，皆會影響花粉媒介基因流佈頻率。

水稻在台灣栽培面積達 22 萬公頃，是種植面積最廣的糧食作物。台灣稻米產業屬小農制，平均每戶可耕作面積近於 1 ha。在水稻生產區內，栽種許多不同水稻品種的現象非常普遍。倘若基因轉殖水稻一旦獲得政府核可，進行大規模的環境釋放和商業化生產，當基因轉殖水稻和非轉殖栽培種水稻在同一地點相鄰栽種時，基因轉殖水稻的外源基因可能藉由花粉傳播而轉移至非轉殖栽培種水稻，將可能會污染非轉殖栽培種水稻種子的純度和品質，影響在同一區域內的生產佈局，對食品安全和有機食品的生產構成威脅。2006 年台灣第一個基因轉殖水稻商業化生產申請案件中，審查委員考量基因轉殖水稻會藉由花粉媒介基因流佈影響到本國糧食產業而遭議決不予通過，因此水稻的花粉媒介基因流佈備受關注，也是基因轉殖水稻是否可以商業化生產的重要關鍵。本試驗目的將探討不同基因轉殖水稻花粉媒介基因流佈的可能性及其頻率，藉以瞭解外源基因對基因轉殖水稻花粉媒介基因流佈的影響程度。

材料與方法

試驗地點

本試驗實施地點為行政院農業委員會農業試驗所之基因轉殖植物田間試驗隔離園區 (TARI, 24°01’N, 120°41’E)。所有田間管理試驗依據農業試驗所「基因轉殖植物田間試驗作業管理規範」之規定執行。

試驗材料

本試驗利用了 3 個基因轉殖水稻品系，分別為轉殖澱粉普魯南糖水稻 (*Oryza sativa L.* ssp. *japonica*; APU)、轉殖豬乳鐵蛋白水稻 (*Oryza sativa L.* ssp. *japonica*; LAC) 及轉殖植酸酵素水稻 (*Oryza sativa L.* ssp. *japonica*; AAN)，並以其非基因轉殖水稻受體品種台農 67號 (*Oryza sativa L.* ssp. *japonica* cv. ‘Tainung 67’; TNG 67) 當對照組。APU 轉殖品系之外源基因是來自美國黃石國家公園之熱溫泉

細菌 *Thermoanaerobacter ethanolicus* 39E 品系 ATCC53033 之澱粉普魯南糖酵素基因，主要作用是使米粒中的澱粉在高溫中同時液化及糖化，進而生產糖漿及高蛋白漿 (Chiang *et al.* 2005)。LAC 轉殖品系之外源基因爲豬乳鐵蛋白的基因，主要作用是促進免疫系統表現，調控鐵之吸取及細胞生長等生物功能，可有效保護仔豬生長時，免於病菌感染及造成貧血等導致仔豬死亡的病變 (Chang *et al.* 2003)。AAN 轉殖品系之外源基因是 *Selenomonas ruminantium* 植酸酵素基因 (*SrPf6*)，其主要作用是使發芽水稻種子含有大量植酸酵素，這些發芽種子經過加工後添加到豬或家禽的飼料中，將可使所飼養動物同時獲得種子中的各種養分、礦物元素及磷 (Hong *et al.* 2004)。每一個基因轉殖水稻及其非基因轉殖對照品種除了外源基因外，其他的遺傳背景幾乎完全一致。

花粉性狀調查

花粉性狀調查包括花粉數量計數及花粉活性檢測，花粉數量計數爲早上八點前抽取未開花的 APU、LAC、AAN 轉殖品系及 TNG 67 稻穗。將稻穗插在水瓶中置於室內 32℃的烘箱中 30–60 min，待穎花開花後取六個花藥置於 1.5 mL 離心管中，加入 1 mL 蒸餾水，充分搗碎震盪均勻後，使花粉均勻散佈在溶液中。取 10 μL 花粉液滴於載玻片上，在顯微鏡下觀察統計其花粉數量，每一處理 3 重複，每一重複統計 10 次，花粉數量估算公式爲：每枚花藥花粉數量 (粒/花藥) = (每個載玻片上總花粉粒數 × 100)/6。

花粉活性檢測採用離體發芽測定法 (*in vitro* germination) 及螢光染色法 (fluorescent diacetate; FDA) 二種方法檢測。離體發芽測定法檢測採用液體培養基方法 (Shivanna & Rangaswamy 1992)，培養基成分爲 100 mL 蒸餾水中含 15 g 蔗糖、0.02 g H_3BO_3 及 0.06 g $Ca(NO_3)_2$。在乾淨載玻片上滴上適量液體培養基，在水稻即將開花前，取下小穗用鑷子取出花藥，放進液體培養基中，夾破花藥釋放出花粉粒，蓋上玻片於 28℃ ± 1℃下保溫 60 min，在顯微鏡下觀察 APU、LAC、AAN 轉殖品系與 TNG 67 花粉的離體萌發情況。以花粉管長度大於或等於 1/2 花粉粒直徑作爲萌發花粉，每一處理 3 重複，每一重複統計 500 粒花粉粒以上。

螢光染色法依 Heslop-Harrison & Heslop-Harrison (1970) 所提步驟，將 fluorescein diacetate 以 2 mg mL^{-1} 溶於丙酮中 (A 液)。將 A 液緩緩加入含糖量 30% 的糖水溶液中直至出現白色混濁爲止 (B 液)。將花粉置於載玻片上並滴以 B 液 1 到 2 滴，約 15 min 後於螢光顯微鏡 (Nikon eclipse E600) 下計算其螢光花粉的百分比，每一處理 3 重複，每一重複統計 500 粒花粉粒以上。

產量構成要素性狀調查

水稻產量構成要素性狀包含穗數 (panicle number, no.)、每穗粒數 (spikelet/panicle, no.)、稔實率 (percent filled grains, %)、千粒重 (1,000-grain weight, g) 及公頃產量 (grain yield, kg ha^{-1})。試驗期間調查 APU、LAC、AAN 轉殖品系及 TNG 67 之各性狀，各性狀參照國際稻米研究所 (IRRI 1996) 訂定之標準或作部分之修改進行調查。穗數：調查每一單株可抽穗之穗數；每穗粒數：計算各單株中結實粒數與空穎粒數，合計爲總粒數，再除以穗數；稔實率：計算各單株中結實粒數與空穎粒數，合計爲總粒數，再計算結實粒數與總粒數的比率；千粒重：測量結實粒數，除以總粒數，再換算成 1,000 粒重，以 g 爲單位；公頃產量：以小區產量評估，每一小區種植 100 株水稻，行株距 0.25 m × 0.25 m，小區面積 4.5 m^2，穀粒經脫粒烘乾調整水分含量至 13%，並風選後所得穀粒重換算成每公頃之穀粒重量。

花粉媒介基因流佈田間設計

本試驗利用 APU、LAC、AAN 轉殖品系及 TNG 67 爲花粉貢獻親，台農糯 73 號 (TNG 73) 爲花粉接受親，利用稉糯雜交特性來檢測雜交種子的糙米外觀，可以很容易評估花

粉媒介基因流佈頻率。本試驗有二個田間設計，第一個爲交叉種植設計 (checker-board pattern)，即種植 1 株 APU、LAC、AAN 轉殖品系或 TNG 67 當貢獻親後再種植 1 株 TNG 73 當接受親，因此 1 株貢獻親周圍有 4 株接受親 (圖 1A)。第二個爲間隔種植設計 (alternating row arrangement)， 種植 1 行 APU、LAC、AAN 轉殖品系或 TNG 67 當貢獻親後再種植 1 行 TNG 73 當接受親，因此 1 株貢獻親旁有 2 株接受親 (圖 1B)。根據 APU、LAC、AAN、TNG 67 及 TNG 73 歷年播種至開花期天數的觀察記載，調整播種期使其開花期一致，APU、LAC、AAN 和 TNG 67 於 2007 年 2 月 2 日播種，TNG 73 晚一星期於 2 月 9 日播種，所有材料於 4–5 葉齡時移植於田間。試驗田區採逢機完全區集設計，三重複，多本植，每小區種植 10 行，每行種植 10 株，行株距爲 0.25 m × 0.25 m。每公頃 N、P_2O_5、K_2O 施用量分別爲 120、72 及 48 kg，硫酸銨爲氮肥 (N) 的來源，過磷酸鈣 (P_2O_5) 及氯化鉀 (KCl) 分別爲磷肥及鉀肥的來源，田間管理依一般慣行法進行。於種子成熟期，收穫每一小區 TNG 73 種子混合經風選後隨機選取 6,000 粒種子分成 3 袋，每袋含 2,000 粒進行檢定，每一參試材料總計共有 18,000 粒種子進行花粉媒介基因流佈頻率的評估。

花粉媒介基因流佈頻率評估

利用稉糯雜交特性來檢測雜交種子，如果糯稻 TNG 73 接受了稉稻 APU、LAC、AAN 轉殖品系或 TNG 67 的花粉，其糙米外觀呈透明狀；反之，若 TNG 73 自花授粉，則糙米外觀呈不透明狀。TNG 73 水稻上收穫的種子，以 45℃ 恒溫將種子烘乾至水分含量爲 14%，再以脫殼機 (THU35B, Satake Corp., Japan) 脫殼成糙米，用肉眼觀察糙米透明度。爲避免人爲影響外觀檢測，呈現透明之糙米再進行碘液 (iodine solution) 反應檢定。將 0.2 g 碘與 2 g 碘化鉀 (KI) 溶解於蒸餾水中並稀釋至 100 mL，且予充分混合置於深棕色瓶中爲原液，檢驗時將碘試劑原液稀釋 10 倍，即爲試劑。用刀片將糙米橫切爲兩半後置於培養皿

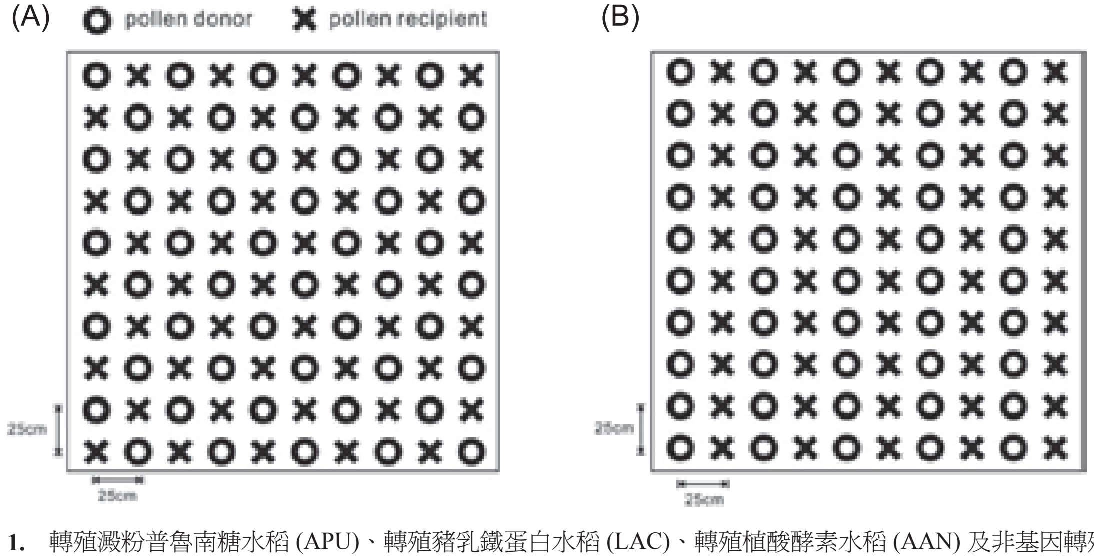


圖 1. 轉殖澱粉普魯南糖水稻 (APU)、轉殖豬乳鐵蛋白水稻 (LAC)、轉殖植酸酵素水稻 (AAN) 及非基因轉殖水稻台農 67 號 (TNG 67) 花粉媒介基因流佈評估田間示意圖。(A) 交叉種植設計；(B) 間隔種植設計。O 表示 APU、LAC、AAN 轉殖品系和 TNG 67 花粉貢獻親，X 表示 TNG 73 花粉接受親。

Fig. 1. Pollen-mediated gene flow estimation of APU (amylopullulanase-transgenic), LAC (lactoferrin-transgenic), AAN (phytase-transgenic) and TNG 67 in open plots under the checker-board pattern (A) and the alternating row arrangement (B). Circles represented hills of pollen donor plants, TNG 67 or transgenic line of APU, LAC, or AAN, and crosses represented hills of pollen recipient plants, TNG 73.

中，加入適量的試劑，稍加搖動，靜置 3 min 後，觀察顏色變化。若爲 TNG 73 自交種子其胚乳呈褐色，若爲 TNG 73 和 APU、LAC、AAN 或 TNG 67 雜交種子，其胚乳則呈紫黑色。花粉媒介基因流佈頻率 = 檢測到 TNG 73 和 APU、LAC、AAN 轉殖品系或 TNG 67 之雜交種子數目/檢測種子數目 × 100%。

結果

水稻花粉性狀調查

花粉數量、花粉離體發芽率及花粉活力是影響水稻不同品種間花粉媒介基因流佈的重要因子，表 1 爲 APU、LAC、AAN 轉殖品系與非基因轉殖水稻 TNG 67 花粉數量、花粉離體發芽率及花粉活力的檢測結果。結果顯示，在花粉數量上以 LAC 轉殖品系最高每個花藥有 66,200 個花粉，其次爲 TNG 67 有 64,600 個，最低爲 AAN 轉殖品系有 57,200 個，但 4 個參試材料並未達顯著差異。所有參試材料的花粉離體發芽率介於 28.32–51.72% 之間，其中 LAC 轉殖品系和 TNG 67 比較高分別爲 51.72% 和 49.76%，二者間未達顯著差異。另 2 個參試材料 AAN 和 APU 轉殖品系的花粉離體發芽率比較低分別爲 37.51% 和 28.32%，二者亦未達顯著差異 (表 1)，但與 LAC 和 TNG 67 轉殖品系有達顯著差異。另外，在螢光染色法的花粉活力檢測中，以 TNG 67 最高爲 76.95%，其次爲 AAN 轉殖品系 73.18%，LAC 轉殖品系 72.75%，最低爲 APU 轉殖品系 61.4%；APU 轉殖品系在螢光染色法的花粉活力檢測中顯著低於其他 3 個參試材料。

產量構成要素性狀調查

表 2 爲 APU、LAC、AAN 轉殖品系與非基因轉殖水稻 TNG 67 產量構成要素性狀調查結果。結果顯示 LAC 轉殖品系穗數最高爲 16.4 穗，其次爲 TNG 67 的 14.9 穗，

表 1. 轉殖澱粉普魯南糖水稻 (APU)、轉殖豬乳鐵蛋白水稻 (LAC)、轉殖植酸酵素水稻 (AAN) 與非基因轉殖水稻台農 67 號 (TNG 67) 水稻花粉貢獻親其花粉數量、花粉離體發芽率及花粉活力的檢測結果。

Table 1. The quantity, germination rate and viability of rice pollens generated by the 4 pollen donors, transgenic lines APU (amylopullulanase-transgenic), LAC (lactoferrin-transgenic) and AAN (phytase-transgenic) and non-trangenic line TNG 67.

Pollen donor	Pollen number/anther	Germination rate (%)	Viability (%)
APU	59,200 ± 3,305.9 a [z]	28.32 ± 0.02 b	61.40 ± 0.04 b
LAC	66,200 ± 2,563.9 a	51.72 ± 0.09 a	72.75 ± 0.03 a
AAN	57,200 ± 2,484.6 a	37.51 ± 0.01 b	73.18 ± 0.02 a
TNG 67	64,600 ± 3,242.8 a	49.76 ± 0.03 a	76.95 ± 0.01 a

[z] Mean ± SE (n = 3). Values with the different letters are significantly different at level of $P < 0.05$ according to LSD test.

表 2. 2007 年第一期作轉殖澱粉普魯南糖水稻 (APU)、轉殖豬乳鐵蛋白水稻 (LAC)、轉殖植酸酵素水稻 (AAN) 及非基因轉殖水稻台農 67 號 (TNG 67) 產量構成要素性狀之評估。

Table 2. Assessments of rice yield components of three transgenic lines APU (amylopullulanase-transgenic), LAC (lactoferrin-transgenic) and AAN (phytase-transgenic) and non-transgenic line TNG 67 grown in first crop season of 2007.

Accession	Panicle number (no.)	Spikelets/panicle (no.)	1000-grain weight (g)	PFG [z] (%)	Yield (kg ha^{-1})
APU	13.9 ± 1.2 a [y]	87.7 ± 1.7 bc	21.2 ± 0.6 c	81.7 ± 4.0 a	5,515.6 ± 225.6 b
LAC	16.4 ± 0.9 a	103.3 ± 4.7 a	24.5 ± 0.2 b	89.3 ± 0.4 a	6,522.1 ± 124.4 a
AAN	13.3 ± 1.4 a	80.3 ± 6.8 c	25.1 ± 0.4 b	87.0 ± 1.7 a	5,630.3 ± 109.5 b
TNG 67	14.9 ± 0.8 a	100.1 ± 2.5 ab	26.6 ± 0.5 a	89.6 ± 0.7 a	6,898.3 ± 154.5 a

[z] PFG: percent filled grains.
[y] Mean ± standard error. Means within each column followed by the same letter are not significantly different ($P > 0.05$) according to LSD test.

AAN 轉殖品系最低為 13.3 穗，各品系間皆未達顯著差異。每穗粒數以 LAC 轉殖品系最高為 103.3 粒，AAN 轉殖品系最低為 80.3 粒，二者有達顯著差異。千粒重以 TNG 67 最高為 26.6 g，其次為 AAN 轉殖品系 25.1 g，APU 轉殖品系最低為 21.2 g，三者間皆達顯著差異水準。稔實率則以 TNG 67 最高為 89.6%，其次 LAC 轉殖品系為 89.3%，AAN 及 APU 轉殖品系分別為 87.0% 及 81.7%，各品系間亦未達顯著差異。水稻單位面積產量由產量構成要素所決定，由表 2 結果顯示 TNG 67 每公頃產量最高為 6,898.3 kg，其次 LAC 轉殖品系為 6,522.1 kg，AAN 與 APU 轉殖品系最低分別為 5,630.3 kg 及 5,515.6 kg。TNG 67 和 LAC 轉殖品系二者間未達顯著差異，但與 AAN 和 APU 轉殖品系則有達顯著差異。

不同基因轉殖水稻花粉媒介基因流佈結果

本試驗藉由調整花粉貢獻親與接受親之播種期，確保其開花期重疊，由田間觀察結果顯示 APU 轉殖品系水稻開花期為 5 月 11–16 日；LAC 轉殖品系為 5 月 10–16 日；AAN 為 5 月 10–17 日；TNG 67 為 5 月 11–17 日；TNG 73 為 5 月 9–17 日。每一花粉貢獻親與接受親間至少有 7 天的花期重疊，有最大的機會發生雜交。

本試驗每一參試材料共有 18,000 粒種子進行花粉媒介基因流佈評估檢測，所有參試材料的種子平均發芽率介於 93–97% 之間。結果顯示在交叉種植設計中，花粉媒介基因流佈的頻率介於 3.18–7.82% 之間，以 LAC 轉殖品系的花粉媒介基因流佈頻率最高為 7.82%，其次 TNG 67 及 AAN 轉殖品系分別為 7.13% 和 5.91%，最低為 APU 轉殖品系只有 3.18% 且與其他三個參試材料有顯著差異 (圖 2)。在間隔種植設計中，花粉媒介基因流佈的頻率介於 0.54–2.8% 之間，以 TNG 67 的花粉媒介基因流佈頻率最高為 2.8%，其次 LAC 及 AAN 轉殖品系分別為 2.32% 和 1.53%，最低為 APU 轉殖品系只有 0.54% 亦與其他 3 個參試材料有顯著差異 (圖 2)。在交叉種植設計中的花粉媒介基因流佈頻率平均為 6.01%，高於間隔種植設計的 1.8%。整體而言，基因轉殖水稻 APU、LAC 及 AAN 轉殖品系的花粉媒介基因流佈頻率平均為 3.55%，低於其非基因轉殖的受體品種 TNG 67 的 4.97%。

討論

花粉性狀和產量性狀是影響基因轉殖水稻基因流佈潛力的重要因子，水稻之產量性狀主要由穗數、每穗粒數、稔實率及千粒重所構成，除穗數在營養生長期形成外，其餘三個構成要素均是在生殖生長期形成，因此影響稻穀產量的先決因子為花粉活力 (Wu *et al.* 2008)。Wang *et al.* (1994) 研究指出花粉離體發芽率與結實率顯著相關。Satake & Yoshida (1978) 研究報導水稻開花期間隨脅迫溫度的上升和時間的延長，花粉發芽率及花粉活力都大幅度下降，變化趨勢與結實率一致。本研究結果顯示，LAC 轉殖品系與 TNG 67 的花粉離體發芽率 (51.72%, 49.76%) 及花粉活力 (72.75%, 76.95%) 皆高於 APU 轉殖品系 (28.32%, 61.4%)，這個結果與稔實率及產量所顯示的結果甚為一致。LAC 轉殖品系與 TNG 67 的稔實率分別為 89.3% 及 89.6%，產量則為 6,522.1 kg ha^{-1} 及 6,898.3 kg ha^{-1}，而 APU 轉殖品系的稔實率及產量分別為 81.7% 及 5,515.6 kg ha^{-1}。

基因轉殖作物花粉數量、花粉活力及傳播距離是花粉媒介基因流佈研究的主要內容。花粉媒介基因流佈是基因轉殖作物外源基因逃逸的主要方式，研究外源基因逃逸的可能性及其頻率，是基因轉殖作物生物安全評估的第一步 (Lu & Snow 2005)。Song *et al.* (2004) 研究指出，水稻花粉媒介基因流佈頻率在不同的品種之間有很大的差異，主要取決於花粉貢獻親的花粉數量、花粉接受親的異交率、不同品種之間的雜交親和性以及花粉競爭能力。Li *et al.* (2002) 研究顯示花粉活力是雜交成功的先決因素，不僅與品種有關，同時與開

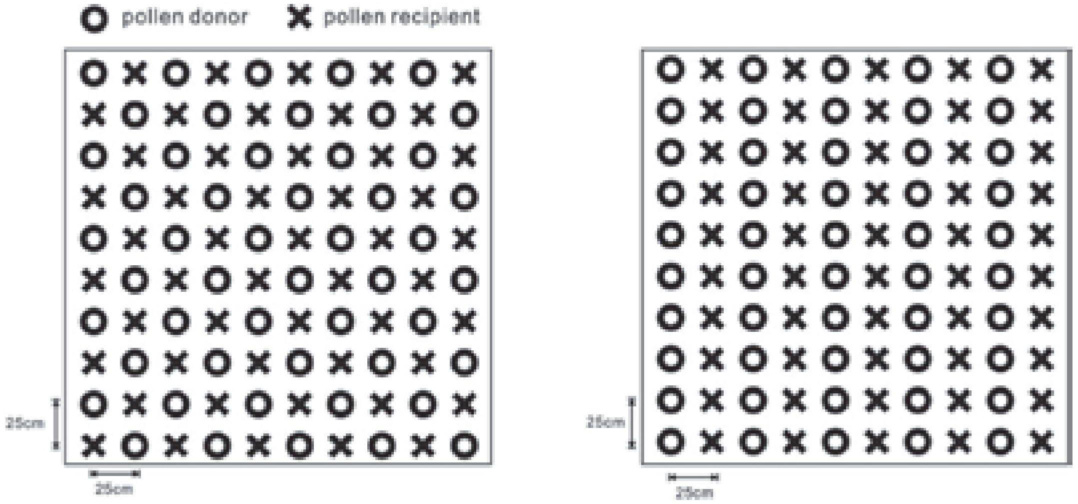


圖 2. 轉殖澱粉普魯南糖水稻 (APU)、轉殖豬乳鐵蛋白水稻 (LAC)、轉殖植酸酵素水稻 (AAN) 及非基因轉殖水稻台農 67 號 (TNG 67) 的花粉媒介基因流佈評估結果。左邊爲交叉種植設計中花粉媒介基因流佈頻率 (%) 的結果，右邊爲間隔種植設計中花粉媒介基因流佈頻率 (%) 的結果。

Fig. 2. The frequency of outcrossed seeds measured from two different field plot designs, checker-board pattern (left) and alternating row arrangement (right). APU, LAC, AAN and TNG 67 indicated the hybrid grains of TNG 73 derived from three transgenic lines APU (amylopullulanase-transgenic), LAC (lactoferrin-transgenic) and AAN (phytase-transgenic) and non-transgenic line TNG 67, respectively. Error bars represent standard error of three replications. Values with the different letters are significantly different at level of $P < 0.05$ according to LSD test.

花時外界環境因素 (溫度、濕度等) 密切相關。螢光染色法基本原理是螢光染劑可自由透過完整的原生質膜，當此種染劑進入原生質後，產生螢光的極性物質 (螢光素) 只在細胞內累積，故可以根據花粉產生螢光的情況判斷花粉活性，該法可同時反映出酶的活性及質膜情況兩種指標 (Song *et al.* 2002)。螢光染色法雖可判斷花粉活力，但花粉離體發芽率與結實率顯著相關，是一個直觀的花粉活力指標 (Xu *et al.* 2001)。花粉數量越多，花粉活力越強，對異交就越有利 (Kato & Namai 1987)。本研究結果花粉數量以 LAC 轉殖品系 (66,200 個) 最高，其次爲 TNG 67 (64,600 個)，而在花粉離體發芽率中也以 LAC 轉殖品系最高爲 51.72%，其次爲 TNG 67 爲 49.76%，AAN 和 APU 轉殖品系分別爲 37.51% 和 28.32%，此種結果反應在田間的花粉媒介基因流佈試驗中甚爲一致。LAC 轉殖品系在交叉種植和間隔種植田間設計中，其花粉媒介基因流佈平均頻率最高爲 5.07%，其次爲 TNG 67 爲 4.97%，AAN 和 APU 轉殖品系分別爲 3.72% 和 1.86%。

TNG 67 爲 APU、LAC 和 AAN 轉殖品系的受體品種，彼此之間的差別僅在於外源基因的有無。TNG 67 的花粉數量高於 APU 和 AAN 轉殖品系，低於 LAC 轉殖品系，皆

未達顯著差異。但在花粉離體發芽率中 APU 和 AAN 轉殖品系 (28.32%, 37.51%) 顯著低於 TNG 67 (49.76%)。另外，螢光染色法的花粉活力檢測中，APU 轉殖品系 (61.40%) 亦顯著低於 TNG 67 (76.95%)。Ishida & Sasahara (1989) 調查 125 個日本栽培品種、18 個秈稻品種、12 個爪哇稻品種和一個野生稻 (*Oryza sativa* L. f. *Spontanea*) 的花粉粒數量，顯示不同品種間差異很大。Bergelson *et al.* (1998) 研究發現基因轉殖阿拉伯芥 (*Arabidopsis thaliana*) 與非基因轉殖突變體相比，異交率增強高達近 20 倍，指出外源基因可能會提高植物的異交潛力。Lefol *et al.* (1996) 利用轉 *bar* 基因油菜 (*Brassica napus*) 與野生近緣種的雜交授粉特性研究則表明，花粉萌發率在基因轉殖油菜與非基因轉殖油菜間無顯著差異，但 Mikkelsen (1996) 的田間試驗表明其雜種回交第一代可產生高活力的花粉。由於 APU 轉殖品系是將 *Thermoanaerobacter ethanolicus* 導入 TNG 67 中，以提高水稻種子內的澱粉 (Chiang *et al.* 2005)；而 AAN 轉殖品系是將 *Selenomonas ruminantium* 植酸酵素基因 (*SrPf6*) 導入 TNG 67 中，以提高水稻種子植酸酵素的表現 (Hong *et al.* 2004)。外源基因插入會對非目標性狀造成影響，可能由於外源基因的過度表達，破壞受體基因的活性，影響受體植物的代謝過程，使性狀發生改變，進而影響花粉離體發芽率和花粉活力 (Leuhrsen *et al.* 1990)。Ting *et al.* (2008) 研究顯示將 *Thermoanaerobacter ethanolicus* 導入 TNG 67 水稻中會降低轉殖澱粉普魯南糖水稻對胡麻葉枯病 (brown spot disease) 的抗性。不同外源基因插入對基因轉殖水稻花粉媒介基因流佈頻率的影響存在一定的差異，這表明每一個基因轉殖材料可能具有不一樣的生態效應，對基因轉殖品種的生態評價也應以個案為研究對象。

當基因轉殖水稻和非基因轉殖水稻植株在同一地點相鄰栽種時，如果花期完全重疊，而非基因轉殖水稻植株的附近又有著高密度的基因轉殖水稻，那麼就可能發生高頻率的以花粉傳播為媒介的基因流佈。Rong *et al.* (2010) 利用統計模擬結果，顯示花粉媒介基因流佈頻率隨著花粉密度增加而呈現上升趨勢。本試驗中，花粉貢獻親與接受親間的種植距離只有 25 cm，在這樣的近距離內，相鄰水稻植株的稻穗部分重疊在一起，貢獻親水稻上的花粉很容易與接受親授粉雜交。在交叉種植田間試驗下，花粉接受親周圍有 4 株花粉貢獻親圍繞，而間隔種植則為 2 株，顯示在交叉種植時貢獻親花粉密度相對地比間隔種植時高，其花粉媒介基因流佈頻率也顯著增加，交叉種植的花粉媒介基因流佈頻率平均為 6.01%，遠高於間隔種植的 1.8%。

基因轉殖水稻在研究和商業生產過程中最主要在於防止外源基因的向外擴散，目前各國對於防範基因轉殖水稻的污染皆採取距離隔離，以降低花粉飛散雜交而造成的混雜風險。從距離隔離避免基因轉殖水稻花粉流佈的要求來看，由於複雜的氣象因子如風向和風速，即使是相隔很遠，也不能完全防止其與非基因轉殖水稻間的基因流佈 (Wang *et al.* 2006)。台灣地狹人稠，當基因轉殖水稻和非轉殖栽培種水稻在同一地點相鄰栽種時，基因轉殖水稻的外源基因可能藉由花粉傳播而轉移至非轉殖栽培種水稻，將可能會污染非轉殖栽培種水稻種子的純度和品質。因此，如何在隔離距離、基因轉殖水稻種植規模大小及花粉媒介基因流佈等面向取得平衡，將是未來基因轉殖水稻商業生產重要的依據。

引用文獻

Bajaj, S. and A. Mohanty. 2005. Recent advances in rice biotechnology - towards genetically superior transgenic rice. Plant Biotechnol. J. 3:275–307.

Bergelson, J., C. B. Purington, and G. Wichmann. 1998. Promoiscuity in transgenic plants. Nature 395:25.

Bishun, D. P., J. Sanjay, and B. C. Bharat. 2008. Transgenic indica rice expressing *Mirabilis jalapa* antimicrobial protein (Mj-AMP2) shows enhanced resistance to the rice blast fungus *Magnaporthe-oryzae*. Plant Sci. 175:364–371.

Chandler, S. and J. M. Dunwell. 2008. Gene flow, risk

assessment and the environmental release of transgenic plants. Criti. Rev. Plant Sci. 27:25–49.

Chang, J. C., H. Y. Yang, R. B. Chen, J. Y. Tsay, C. S. Wang, S. R. Wang, and L. J. Chen. 2003. Production of porcine lactoferrin in transgenic rice. p.72. *in*: International Symposium on Plant Biotechnology. October 1–4, 2003. Ilan, Taiwan.

Chen, L. J., D. S. Lee, Z. P. Song, H. S. Suh, and B. R. Lu. 2004. Gene flow from cultivated rice (*Oryza sativa*) to its weedy and wild relatives. Ann. Bot. 93:67–73.

Chiang, C. M., F. S. Yeh, T. H. Tseng, C. S. Wang, H. S. Lur, J. F. Shaw, and S. M. Yu. 2005. Expression of a bifunctional and *Thermostable amylopullulanase* in transgenic rice seeds leads to starch autohydrolysis and altered composition of starch. Mol. Breed. 15:125–143.

Clive, J. 2011. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2011. ISAAA Briefs 43. ISAAA. Ithaca. 32 pp.

Ellstrand, N. C. and D. R. Elam. 1993. Population genetic consequences of small population size: implication for plant conservation. Annu. Rev. Ecol. Syst. 24:217–242.

Farris, M. A. and J. B. Mitton. 1984. Population density, outcrossing rate, and heterozygote superiority in ponderosa pine. Evolution 38:1151–1154.

Fischer, K. S., J. Barton, G. S. Khush, H. Leung, and R. Cantrell. 2000. Genomics and agriculture. Collaborations in rice. Science 290:279–280.

Govindaraju, D. R. 1988. Relationship between dispersal ability and levels of gene flow in plants. Oikos 52:31–35.

Heslop-Harrison, J. and Y. Heslop-Harrison. 1970. Evaluation of pollen viability by enzymatically induced fluorescence; intracellular hydrolysis of fluorescein diacetate. Stain Technol. 45:115–120.

Hong, C. Y., K. J. Chen, L. F. Liu, T. H. Tseng, C. S. Wang, and S. M. Yu. 2004. Production of two highly active bacterial phytases with broad pH optima in germinating transgenic rice seeds. Transgenic Res. 13:29–39.

Hu, H., M. Dai, J. Yao, B. Xiao, X. Li, Q. Zhang, and L. Xiong. 2006. Overexpressing a NAM, ATAF, and CUC (NAC) transcription factor enhances drought resistance and salt tolerance in rice. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 103:12987–12992.

IRRI. 1996. Standard Evaluation System for Rice. IRRI. Manila. 52 pp.

Ishida, H. and T. Sasahara. 1989. Correlations between floral characters and the days to heading in rice (*Oryza sativa* L.). Jpn. J. Breeding. 39:275–283.

Jarvis, D. I. and T. Hodgkin. 1999. Wild relatives and crop cultivars: detecting natural introgression and farmer selection of new enetic combinations in agroecosystems. Mol. Ecol. 8:159–173.

Kato, H. and H. Namai. 1987. Floral characteristics and environment factors for increasing natural outcrossing rate for F_1 hybrid seed production of rice *Oryza sativa* L. J. Breed. 37:318–330. (in Japanese with English summary)

Krishnan, S., K. Datta, N. Baisakh, M. D. Vasconcelos, and S. K. Datta. 2003. Tissue specific localization of β-carotene and iron in transgenic *indica* rice (*Oryza sativa* L.). Curr. Sci. 84:1232–1234.

Kumar, V., R. R. Bellinder, D. C. Brainard, R. K. Malik, and R. K. Gupta. 2008. Risks of herbicide-resistant rice in India: a review. Crop Prot. 27:320–329.

Lefol, E., A. Fleury, and H. Darmency. 1996. Gene dispersal from transgenic crops II. Hybridization between oilseed rape and the wild hoary mustard. Sex Plant Reprod. 9:189–196.

Leuhrsen, K. R. 1990. Insertion of Mulelements in the first intron of the *Adh 12S* gene of maize results in novel RNA processing events. Plant Cell 2:1225–1238.

Li, X. Z., M. Z. Liang, G. Q. Zhou, and L. B. Chen. 2002. Effect of environment condition on pollen vigor and seed set during flowing time of rice. Acta Agron. Sin. 28:417–420.

Lu, B. A. and A. A. Snow. 2005. Gene flow from genetically modified rice and its environmental consequences. BioScience 55:669–678.

Lu, B. A., Z. P. Song, and J. K. Chen. 2003. Can transgenic rice cause ecological risks through transgene escape? Prog. Nat. Sci. 13:17–24.

Manasse, R. S. 1992. Ecological risks of transgenic plants: effects of spatial dispersion on gene flow. Ecol. Appl. 2:431–438.

Messeguer, J., V. Marfà, M. M. Català, E. Guiderdoni, and E. Melé. 2004. A field study of pollen-mediated gene flow from Mediterranean GM rice to conventional rice and the red rice weed. Mol. Breed. 13:103–112.

Mikkelsen, T. R. 1996. The risk of crop transgene spread. Nature 380:31.

Oka, H. I. 1988. Origin of Cultivated Rice. Jpn. Sci. Soc. Press. Tokyo. 254 pp.

Paine, J. A., C. A. Shipton, S. Chaggar, R. M. Howells, M. J. Kennedy, G. Vernon, S. Y. Wright, E.

Hinchliffe, J. L. Adams, A. L. Silverstone, and R. Drake. 2005. Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. Nat. Biotechnol. 23:482–487.

Rong, J., Z. Song, T. J. de Jong, X. Zhang, S. Sun, X. Xu, H. Xia, B. Liu, and B. R. Lu. 2010. Modelling pollen-mediated gene flow in rice: risk assessment and management of transgene escape. Plant Biotechnol. J. 8:452–464.

Satake, T. and S. Yoshida. 1978. High temperature induced sterility in indicarices at flowering. Jpn. J. Crop Sci. 47:6217.

Shivanna, K. R. and N. S. Rangaswamy. 1992. Pollen Biology: A Laboratory Manual. Springer. Berlin. 119 pp.

Sivaprakash, K. R., S. Krishnan, S. K. Datta, and A. K. Parida. 2006. Tissue-specific histochemical localization of iron and ferritin gene expression in transgenic *indica* rice Pusa Basmati (*Oryza sativa* L.). J. Genet. 85:157–160.

Song, Z. P., B. R. Lu, and J. K. Chen. 2004. Pollen flow of cultivated rice measured under experimental conditions. Biodivers. Conserv. 13:579–590.

Song, Z. P., B. R. Lu, Y. G. Zhu, and J. K. Chen. 2002. Pollen competition between cultivated and wild rice species (*Oryza sativa* and *O. rufipogon*). New Phytol. 153:289–296.

Ting, M. Y., H. D. Shih, and C. Y. Lin. 2008. Increased susceptibility of rice following insertion of *amylopullulanase* gene, to brown spot caused by *Bipolarisoryzae*. J. Phytopathol. 156:530–533.

Wang, F., Q. H. Yuan, L. Shi, Q. Qian, W. G. Liu, B. G. Kuang, D. L. Zeng, Y. L. Liao, B. Cao, and S. R. Jia. 2006. A large-scale field study of transgene flow from cultivated rice (*Oryza sativa*) to common wild rice (*O. rufipogon*) and barnyard grass (*Echinochloa crusgalli*). Plant Biotechnol. J. 4:667–676.

Wu, C., S. M. Tang, Y. Zhang, and C. L. Zhong. 2008. Advances of research on plant pollen culture. Chinese Agric. Sci. Bull. 24:146–149. (in Chinese with English abstract)

Xu, H. B., G. M. Wang, and M. Wei. 2001. Correlation analysis of the characters of pollen grains and seed-setting of rice under high temperature stress. J. Southwest Agric. Univ. 23:205–207. (in Chinese with English abstract)

Field Assessment of Agronomic Traits and Pollen-Mediated Gene Flow of Transgenic Rice

Ching-Shan Tseng[1], Yann-Rong Lin[2], Cheng-Ping Kuan[1], Ming-Hsing Lai[3], and Min-Tze Wu[4,*]

Abstract

Tseng, C. S., Y. R. Lin, C. P. Kuan, M. H. Lai, and M. T. Wu. 2013. Field assessment of agronomic traits and pollen-mediated gene flow of transgenic rice. J. Taiwan Agric. Res. 62(1):21–31.

Three transgenic rice lines, AAN, LAC, and APU, which were the phytase-, lactoferrine-, and amylopullulanase-gene transformed cv. Tainung 67 (*Oryza sativa* L. ssp *japonica*, TNG 67), respectively, were employed for the assessments of agronomic traits, pollen characters, and pollen-mediated gene flow in a field study. The objective of this study was to provide information to clarify whether transgenic rice would affect the production of the current rice cultivation system prior to its commercialization. Results showed that yields of three transgenic lines were lower than those of TNG 67. The spikelets per panicle of LAC (103.3) were significantly higher than those of AAN (80.3). All three important factors accounting for capabilities of pollen-mediated gene flow, i.e., quantity, germination rate and viability of pollens, were lower in APU than in TNG 67. The mean frequency of outcrossed seeds was significantly lower in APU (3.18%) than in TNG 67 (7.13%). In the experiment of checker-board pattern, the mean frequency of outcrossed seeds in a descending order was 7.82%, 7.13%, 5.91% and 3.18% for LAC, TNG 67, AAN and APU, respectively. In the alternating row arrangement experiment, the mean frequency of outcrossed seeds was 2.8%, 2.32%, 1.53% and 0.54% for TNG 67, LAC, AAN and APU, respectively. Overall, the mean frequency of outcrossed seeds of APU was the lowest while that of LAC was the highest, indicating that the pollen-mediated gene flow varied among different transgenic lines.

Key words: Transgenic rice, Pollen characters, Pollen-mediated gene flow.

Received: September 3, 2012; Accepted: December 24, 2012.

* Corresponding author, e-mail: wu@tari.gov.tw

1 Assistant Research Fellow, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

2 Associate Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.

3 Associate Research Fellow, Crop Science Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

4 Research Fellow and Director of Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 62(1):32–39 (2013)
DOI:10.6156/JTAR.2013.06201.04

寄生斑潛蠅 (雙翅目：潛蠅科) 四種釉小蜂 (膜翅目：釉小蜂科) 之卵吸收

錢景秦 [1,*] 張淑貞 [2]

摘要

錢景秦、張淑貞。2013。寄生斑潛蠅 (雙翅目：潛蠅科) 四種釉小蜂 (膜翅目：釉小蜂科) 之卵吸收。台灣農業研究 62(1):32–39。

異角釉小蜂 [*Hemiptarsenus varicornis* (Girault)]、華釉小蜂 [*Neochrysocharis formosa* (Westwood)]、底比斯釉小蜂 [*Chrysoncharis pentheus* (Walker)] 及岡崎釉小蜂 [*Closterocerus okazakii* (Kamijo)] 為台灣地區斑潛蠅之本地種重要寄生蜂，此四種釉小蜂卵巢內成熟卵之形成與吸收型式均相似。以上各雌蜂僅供食蜂蜜，0 日齡時卵巢內之成熟卵數少，各僅 0.5、4.5、0.0 及 4.3 粒；1 日齡時成熟卵數均顯著增加；至 2 或 3 日齡時成熟卵數達最高且持續 3 d，各為 2.0–2.4、15.9–17.2、5.3–6.2 及 8.7–9.9 粒；但至 5 或 7 日齡時成熟卵數即下降，直至 25 日齡時，各為 1.7–0.0、14.7–3.1、3.8–0.5 及 7.1–0.8 粒。四種釉小蜂在 25℃、供食蜂蜜下隔離寄主 25 d，再遇寄主 3 或 5 d 後，其卵巢內雖有新成熟卵形成，但數量僅 2.3–3.8 粒。顯示四種釉小蜂在無寄主時，雖均可以卵吸收方式保存生殖資源，以調節產卵時機，但此策略卻受限其產卵調節時限，並不十分有效。因此為增強此等釉小蜂對斑潛蠅之抑制效果，建議應維持環境之穩定性，如在田間供應釉小蜂蜜源以延長其壽命。

關鍵詞：卵吸收、異角釉小蜂、華釉小蜂、底比斯釉小蜂、岡崎釉小蜂、斑潛蠅。

前言

依 Flanders (1942) 報告寄生蜂卵之形成方式分爲營養性胚胎膜 (hydropic) 與非營養性胚胎膜 (anhydropic) 二型，但 Price (1974) 認爲可分原定式產卵 (proovigenic) (即營養性胚胎膜型) 與應變式產卵 (synovigenic) (即非營養性胚胎膜型) 二型。據 Bell & Bohm (1975) 之綜論，採取應變式產卵繁殖策略之寄生蜂在不適繁殖環境下，常以卵吸收 (oosorption) 之方式調節產卵時機，從而保存生殖資源並獲得與寄生用適齡寄主同時發生之同律性 (synchronism)，進而提高子代之存活率。Chien *et al.* (l994) 曾對亮腹釉小蜂 [*Tamarixia radiata* (Waterston)] 之卵吸收進行研究，發現該蜂在 25℃、隔離寄主僅供食蜂蜜下，產卵調節期長達 10–20 d，且維持原來或相近之繁殖力。

異角釉小蜂 [*Hemiptarsenus varicornis* (Girault)]、華釉小蜂 [*Neochrysocharis formosa* (Westwood)]、底比斯釉小蜂 [*Chrysoncharis pentheus* (Walker)] 及岡崎釉小蜂 [*Closterocerus okazakii* (Kamijo)] 爲台灣地區斑潛蠅之重要本地種寄生蜂 (Chien & Ku 1998; Chien & Chang unpublished data)，其中異角釉小蜂與華釉小蜂爲非洲菊斑潛蠅 [*Liriomyza trifolii* (Burgess)] 之有效寄生蜂 (Chien & Ku 2001b, 2001c; Chien *et al.* 2004, 2005b)，底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂爲蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza sativae* Blanchard) 之有效寄生蜂 (Chien & Chang 2008a, 2008b, 2009a, 2009b)。此四種釉小蜂對

投稿日期：2012 年 10 月 24 日；接受日期：2012 年 12 月 11 日。
* 通訊作者：chien@tari.gov.tw
1 農委會農業試驗所應用動物組前研究員。台灣 台中市。
2 農委會農業試驗所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。

非洲菊斑潛蠅第三齡期幼蟲有顯著產卵偏好 (Chien & Ku 2001a)，底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂對蔬菜斑潛蠅第三齡期幼蟲亦有顯著產卵偏好 (Chien & Chang 2008a, 2009a)。且此等釉小蜂卵形成之方式均屬應變式策略 (Chien & Ku 2001b, 2001c; Chien *et al.* 2004, 2005b; Chien & Chang 2008a, 2008b, 2009a, 2009b)，雌蜂於 15 或 25℃下僅餵食蜂蜜、隔離寄主一段時間後，均具產卵調節能力 (Chien *et al.* 2005a, 2005c; Chien & Chang 2008c, 2010)。

本文為深入探討當棲所受擾亂致使寄生用適齡寄主缺乏時，此等釉小蜂對環境之適應性，乃針對上述四種釉小蜂卵巢內之卵吸收進行觀察，希冀訂定此等釉小蜂之保育措施，增強寄生蜂對斑潛蠅之抑制效果。

材料與方法

寄主植物栽培與供試蟲源

寄主植物之栽培：參照 Chien & Ku (1996) 之方法，隔日定期浸泡 200 粒菜豆 (*Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeschers) 種子，在 25℃下經 7 h 種子吸水飽滿後，將其瀝淨、放入上下交合之塑膠盤內，24 h 後將發根種子移植於溫室中置有 3 號蛭石之穴盤 (長 36.5 cm、寬 28.0 cm、高 4.5 cm，30 穴) 內。每日澆水。經 12–15 d，菜豆苗長高至 15–20 cm、本葉 (primary leaf) 葉寬達 7–9 cm 時，即可供室內非洲菊斑潛蠅與蔬菜斑潛蠅產卵用。

供試蟲源：在彰化縣田尾鄉非洲菊 (*Gerbera jamesonii* Bolues ex Hook. f.) 與雲林縣林內鄉菜豆 (*Phaseolus vulgaris* L.) 上，分別採集被非洲菊斑潛蠅與蔬菜斑潛蠅幼蟲危害之葉片攜回室內。攤開葉片置放在塑膠盤內陰乾。經 2 d 後，將此等乾燥葉片放入壓克力筒 (直徑 20.0 cm、高 25.0 cm)，待上述二種斑潛蠅與異角釉小蜂、華釉小蜂、底比斯釉小蜂及岡崎釉小蜂羽化，供做後續試驗飼育之蟲源。

寄主斑潛蠅與釉小蜂之繁殖

斑潛蠅：非洲菊斑潛蠅與蔬菜斑潛蠅之繁殖，係參照 Chien & Ku (1996) 之方法。每日上午 9 時在室溫 25℃下各將第 2 日齡 (羽化後第 3 日) 已交尾之雌蠅 80 與 120 隻分別置入內置有 30 株菜豆苗 (本葉葉寬達 7–9 cm) 之網箱 (長 75.0 cm、寬 55.0 cm、高 50.0 cm，92 網目)，經產卵 7 h 後將帶有蠅卵之菜豆苗移出，移至室溫 25℃之繁殖室。待斑潛蠅發育 6 d 後，各將帶有斑潛蠅三齡幼蟲之豆株剪下，插入盛水之塑膠杯 (直徑 8.5 cm、高 9.5 cm)，再置放在塑膠盤上，次日下午收集蠅蛹，8 d 後成蠅羽化。

釉小蜂：釉小蜂之繁殖則參照 Chien & Ku (2001a) 所述，在室溫 25℃下待斑潛蠅幼蟲發育至第三齡中期時 (產卵後第 6 日)，將帶有共約 300 隻斑潛蠅幼蟲之 4 至 5 株菜豆苗自根際處剪下，並距離豆苗剪口 5.0 cm 處以海綿片束紮，直插入罐蓋上有圓孔 (直徑 1.5 cm) 之盛水塑膠小罐 (直徑 4.0 cm、高 5.0 cm)。然後將此罐插之帶蟲 (斑潛蠅幼蟲) 豆苗，放入內有 15–20 對釉小蜂之接蜂用壓克力筒 (直徑 20.0 cm、高 25.0 cm)。經 24 h 後，將已接過蜂之帶蟲豆苗移出，集中插入盛水之塑膠杯 (直徑 15.5 cm、高 9.5 cm)，並放入寄生蜂飼育用之壓克力箱內 (長 45.0 cm、寬 34.0 cm、高 28.0 cm)，每日換水。接蜂 5–6 d 後，自葉柄處剪下帶有寄生蜂蛹之菜豆葉，放入塑膠盤陰乾。經 2 d 後，將此等乾燥葉片放入前述壓克力筒，待釉小蜂羽化。其中異角釉小蜂與華釉小蜂產卵時，其寄主為非洲菊斑潛蠅；底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂產卵時，其寄主為蔬菜斑潛蠅。

雌性釉小蜂內生殖器之解剖

參照 Chien *et al.* (l994) 之方法，釉小蜂雌蜂先經乙醚昏迷後，將蜂體側置在滴有蒸餾水之載玻片上，在接目鏡 10 倍、接物鏡 25 倍之立體顯微鏡下 (Wild, Heerbrugg, Switzerland)，以 1 支 3 號昆蟲針壓住蜂之胸部，用另 1 支 3 號昆蟲針壓住產卵管之基部並稍加用力拉出整個內生殖器官。

供應蜂蜜時四種釉小蜂之卵吸收

將羽化當日之四種釉小蜂 (異角釉小蜂、華釉小蜂、底比斯釉小蜂及岡崎釉小蜂) 分別每 20–30 隻各引入指形玻璃管 (直徑 1.5 cm、高 7.0 cm) 內，放置在 25℃、相對濕度 65–85% 及光週期 14L：10D (上午 5 時至下午 7 時間照光) 下。每日上午 7 時，僅以細毛筆將蜂蜜塗於玻璃筒內壁供食，直至雌蜂死亡爲止。於引入釉小蜂後之 0、1、2、3、4、5、7、10、15、20 及 25 d，各將釉小蜂雌蜂移出，然後參照上述 Chien *et al.* (l994) 之方法於前述立體顯微鏡下進行解剖其內生殖器。此時依各種釉小蜂微卵管 (ovariole) 內卵之長度、卵黃蓄積 (yolk deposition) 情形、成熟卵數及卵母細胞 (oocyte) 之退化情形等，以調查上述四種釉小蜂之卵形成 (oogenesis) 與卵吸收作用。其中微卵管內卵之大小 (長 × 寬) 於異角釉小蜂、華釉小蜂、底比斯釉小蜂及岡崎釉小蜂各爲 0.33 mm × 0.11 mm、0.18 mm × 0.06 mm、0.24 mm × 0.08 mm 及 0.22 mm × 0.09 mm (Chien & Ku 2001b, 2001c; Chien & Chang 2008a, 2009a)，且卵黃充實及卵膜完整者爲成熟卵；若卵母細胞變形縮小長度不及上述、卵黃部分被分解吸收、卵膜縐縮者視爲被吸收中之卵；若卵母細胞間有營養細胞群 (nutritive cells) 時則視爲未成熟卵。每一處理組進行 20–23 重複。

食物對四種釉小蜂卵形成之影響

將羽化當日之釉小蜂成蜂 (異角釉小蜂、華釉小蜂、底比斯釉小蜂及岡崎釉小蜂)，各取 1 對置入直徑 12.0 cm、高 21.0 cm 之玻璃筒，放置在前述相同之溫度、相對濕度及光週期下。每日上午 7 時，各處理除以細毛筆將蜂蜜塗於玻璃筒內壁，尙依釉小蜂種類連續 5 d 各供應 1 株內有 40–50 隻不同寄主斑潛蠅第三齡幼蟲 (如前述) 潛食之罐插菜豆苗。待釉小蜂蜂齡爲 1、2、3 及 5 日齡時，將雌蜂移出，於前述立體顯微鏡下進行解剖其內生殖器，計數各釉小蜂卵巢內之成熟卵數，每一處理組進行 9–17 重複。另利用前項釉小蜂僅供食蜂蜜 1、2、3 及 5 d 雌蜂卵巢內之成熟卵數，進行比較二組不同食物 (蜂蜜，寄主與蜂蜜) 對四種釉小蜂卵形成之影響。

四種釉小蜂卵吸收後之再形成

利用上述四種釉小蜂羽化後僅供食蜂蜜，在前述相同之溫度、相對濕度及光週期下放置至 25 日齡時，將其中一對雌、雄蜂引入直徑 21.0 cm、高 12.0 cm 之玻璃筒，依釉小蜂種類各處理組每日上午 7 時供應蜂蜜與 1 株內有 40–50 隻不同寄主斑潛蠅第三齡幼蟲 (如前述) 潛食之罐插菜豆苗，於釉小蜂 26、28 及 30 日齡 (即各供食寄主與蜂蜜 1、3 及 5 d) 時解剖其內生殖器，計數各釉小蜂卵巢內之成熟卵數。每一處理組進行 15–42 重複。

統計分析

各項處理之試驗資料利用 SAS-EG (SAS Enterprise Guide) 4.1 版本統計分析軟體先進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA)，再以最小顯著差異性 (least significant difference; LSD) 測驗，在 5% 顯著水準下比較處理間平均值之差異。

結果

供應蜂蜜時四種釉小蜂之卵吸收

異角釉小蜂、華釉小蜂、底比斯釉小蜂及岡崎釉小蜂自 0 日齡起隔離寄主每日僅供食蜂蜜，於雌蜂初羽化至 25 日齡時解剖其內生殖器，發現四種釉小蜂卵巢內之成熟卵形成與吸收型式均相似 (表 1)。即雌蜂 0 日齡時卵巢內之成熟卵數少，各僅 0.5、4.5、0.0 及 4.3 粒，1 日齡時成熟卵數均顯著增加。前三種釉小蜂自 2 日齡時成熟卵數達最高且持續 3 d，各爲 2.0–2.4、15.9–17.2、5.3–6.2 粒；但自 5 日齡時成熟卵數即下降直至 25 日齡時，各爲 1.7–0.0、14.7–3.1 及 3.8–0.5 粒。岡崎釉小蜂則自 3 日齡時成熟卵數才達最高且亦持續 3 d，爲 8.7–9.9 粒；但自 7 日齡時成熟卵數即下降直至 25 日齡，爲 7.1–0.8 粒。

表 1. 25℃下僅供應蜂蜜時四種釉小蜂不同蜂齡卵巢內之成熟卵數。

Table 1. Number of mature eggs in the ovaries of four eulophid wasps at different ages provided with honey only at 25℃.

Female age (d)	The average number of mature eggs in the ovaries			
	Hemiptarsenus varicornis	*Neochrysocharis formosa*	*Chrysoncharis pentheus*	*Closterocerus okazakii*
0	0.5 ± 0.2 cd [z]	4.5 ± 1.3 ef	0.0 ± 0.0 d	4.3 ± 0.7 d
1	1.7 ± 0.2 b	11.4 ± 1.4 cd	3.4 ± 0.2 bc	7.8 ± 0.6 b
2	2.4 ± 0.2 a	17.2 ± 0.9 a	6.2 ± 0.7 a	8.4 ± 0.4 b
3	2.3 ± 0.2 a	15.9 ± 0.7 ab	5.7 ± 0.6 a	9.9 ± 0.7 a
4	2.0 ± 0.3 ab	17.2 ± 0.8 a	5.3 ± 0.5 a	9.7 ± 0.8 a
5	1.7 ± 0.2 b	14.7 ± 0.8 b	3.8 ± 0.6 b	8.7 ± 0.5 ab
7	0.7 ± 0.2 c	14.7 ± 0.8 b	2.5 ± 0.2 c	7.1 ± 0.4 bc
10	0.5 ± 0.2 cd	13.2 ± 0.7 bc	2.5 ± 0.2 c	6.0 ± 0.4 c
15	0.0 ± 0.0 d	9.1 ± 0.6 d	2.5 ± 0.3 c	3.2 ± 0.4 de
20	0.0 ± 0.0 d	6.9 ± 0.6 de	0.6 ± 0.2 d	2.4 ± 0.3 e
25	0.0 ± 0.0 d	3.1 ± 0.5 f	0.5 ± 0.2 d	0.8 ± 0.2 f

[z] Mean ± standard error (n = 20–23). Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

食物對四種釉小蜂卵形成之影響

上述四種釉小蜂自 0 日齡起每日僅供應蜂蜜、或同時供應寄主與蜂蜜，於雌蜂 1、2、3 及 5 日齡時解剖其內生殖器，比較二組不同食物對四種釉小蜂卵形成之影響。發現其中異角釉小蜂與底比斯釉小蜂不論在任何日齡時，同時供應寄主與蜂蜜者其卵巢內之成熟卵數均顯著較僅供應蜂蜜者，各多 3.6–7.3 倍 (前者) 與 0.7–2.2 倍 (後者)。岡崎釉小蜂僅在 3 日與 5 日齡時，同時供應寄主與蜂蜜者其卵巢內之成熟卵數顯著較僅供應蜂蜜者，各多 0.8 倍與 1.4 倍；但在 1 日與 2 日齡時，上述二組不同食物處理組間雌蜂卵巢內之成熟卵數無顯著差異。華釉小蜂則與前述 3 種釉小蜂不同，在 1、2 及 3 日齡時，僅供應蜂蜜者其卵巢內成熟卵數顯著較同時供應寄主與蜂蜜者多 0.4–1.2 倍 (表 2)。

四種釉小蜂卵吸收後之再形成

異角釉小蜂、華釉小蜂、底比斯釉小蜂及岡崎釉小蜂羽化後僅供食蜂蜜經 25 d 後，各蜂卵巢內之成熟卵數各為 0.0、3.1、0.5 及 0.8 粒 (表 1)。但此時若每日同時供應寄主與蜂蜜各 1、3 及 5 d，亦即雌蜂各為 26、28 及 30 日齡時，發現異角釉小蜂與岡崎釉小蜂卵巢內之成熟卵數在供應寄主與蜂蜜 3 d 與 5 d 時較多 (異角釉小蜂各為 2.3 粒與 2.2 粒，岡崎釉小蜂各為 3.8 粒與 3.5 粒)，處理間雖均無顯著差異，但與供應寄主與蜂蜜 1 d 者 (異角釉小蜂為 0.0 粒，岡崎釉小蜂為 1.0 粒) 間均呈顯著差異。華釉小蜂卵巢內之成熟卵數在供應寄主與蜂蜜 5 d 時最多 (3.0 粒)，與供應寄主與蜂蜜 1 d 與 3 d 處理 (各為 1.8 粒與 1.7 粒) 間呈顯著差異。底比斯釉小蜂卵巢內之成熟卵數在供應寄主與蜂蜜 3 d 時最多 (2.3 粒)，1 d 時次之 (0.7 粒)，5 d 時最少 (0.0 粒)，各處理間呈顯著差異 (表 3)。

討論

Price (1974) 認為行應變式產卵者，其雌蜂壽命長、產卵期長、日產卵數依微卵管數而約為固定、雌蜂藉取食寄主之方式獲得營養並供成熟卵之持續形成、排卵受外界因子影響非自發性、以卵吸收方式調節產卵時機。本試驗證實異角釉小蜂、華釉小蜂、底比斯釉小蜂及岡崎釉小蜂卵巢內成熟卵形成與吸

表 2. 食物對四種釉小蜂不同蜂齡卵巢內成熟卵數之影響。

Table 2. Effect of food on the number of mature eggs in the ovaries of four eulophid wasps at different ages.

	The average number of mature eggs in the ovaries			
	Female age (d)			
Food	1	2	3	5
Hemiptarsenus varicornis				
Honey	1.7 ± 0.2 b [x]	2.4 ± 0.2 b	2.3 ± 0.2 b	1.7 ± 0.2 b
Host + honey [z]	8.5 ± 1.5 a	11.0 ± 2.1 a	11.5 ± 1.6 a	14.1 ± 1.1 a
Neochrysocharis formosa				
Honey	11.4 ± 1.4 a	17.2 ± 0.9 a	15.9 ± 0.7 a	14.7 ± 0.8 a
Host + honey [z]	5.5 ± 1.0 b	8.0 ± 1.2 b	11.0 ± 1.5 b	10.2 ± 1.6 a
Chrysoncharis pentheus				
Honey	3.4 ± 0.2 b	6.2 ± 0.7 b	5.7 ± 0.6 b	3.8 ± 0.6 b
Host + honey [y]	7.3 ± 0.6 a	10.5 ± 1.4 a	10.6 ± 1.3 a	12.0 ± 2.0 a
Closterocerus okazakii				
Honey	7.8 ± 0.6 a	8.4 ± 0.4 a	9.9 ± 0.7 b	8.7 ± 0.5 b
Host + honey [y]	8.1 ± 1.2 a	9.8 ± 1.6 a	18.1 ± 1.9 a	21.3 ± 2.0 a

[z] One pair of wasps was provided daily with 40–50 third instars of *Liriomyza trifolii* and honey at 25℃, 65–85% RH and a photoperiod of 14L:10D. Eleven to seventeen replicates per treatment.
[y] One pair of wasps was provided daily with 40–50 third instars of *Liriomyza sativae* and honey at 25℃, 65–85% RH and a photoperiod of 14L:10D. Nine to ten replicates per treatment.
[x] Mean ± standard error. Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 3. 四種釉小蜂在僅餵食蜂蜜隔離寄主 25 d 後再供應寄主與蜂蜜時不同蜂齡卵巢內之成熟卵數。

Table 3. Number of mature eggs in the ovaries of four eulophid wasps at different ages provided with both honey and host after 25 days of host deprivation provided only honey.

	The average number of mature eggs in the ovaries			
Female age (d)	*Hemiptarsenus varicornis* [z]	*Neochrysocharis formosa* [z]	*Chrysoncharis pentheus* [y]	*Closterocerus okazakii* [y]
26	0.0 ± 0.0 b [x]	1.8 ± 0.3 b	0.7 ± 0.1 b	1.0 ± 0.2 b
28	2.3 ± 0.4 a	1.7 ± 0.3 b	2.3 ± 0.7 a	3.8 ± 0.3 a
30	2.2 ± 0.4 a	3.0 ± 0.3 a	0.0 ± 0.0 c	3.5 ± 0.3 a

[z] One pair of wasps was provided daily with 40–50 third instars of *Liriomyza trifolii* and honey at 25℃, 65–85% RH and a photoperiod of 14L:10D.
[y] One pair of wasps was provided daily with 40–50 third instars of *Liriomyza sativae* and honey at 25℃, 65–85% RH and a photoperiod of 14L:10D.
[x] Mean ± standard error (n = 15–42). Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

收之型式均相似，在無寄主時均可以卵吸收方式保存生殖資源，以調節產卵時機。

寄生性膜翅目成蜂之食物，可分寄主性食物 (host food) 與非寄主性食物 (non-host food) 二大類，前者為寄主體液是蜂卵形成時所必需之營養 (Jervis & Kidd 1986)，後者多屬醣類食物，為寄生蜂活動、維生所必需之養分 (Leius 1961a, 1961b; Wylie 1962; Clark 1963)。蜂蜜均可延長異角釉小蜂、華釉小蜂、底比斯釉小蜂及岡崎釉小蜂之壽命，在 25℃ 下餵食蜂蜜者雌蜂壽命各達 22.0、22.3、31.9 及 29.5 d，供食水者雌蜂壽命僅各為 3、3.9、5.9 及 3.9 d，不餵食者雌蜂壽命僅各為 2.0、2.9、3.7 及 2.8 d (Chien *et al.* 2004, 2005b; Chien & Chang 2008b, 2009b)。本試驗證實四種釉小蜂當僅供食蜂蜜時，在雌蜂第 2 或 3 日齡時雖

然成熟卵數可增長至最高且持續 3 d，但隨之下降；可是雌蜂在隔離寄主 25 d，經取食寄主體液後，四種釉小蜂卵巢內均可見新成熟卵之形成。Sugimoto *et al.* (1983) 亦認定取食寄主是底比斯釉小蜂卵形成之必要條件。

異角釉小蜂與華釉小蜂爲非洲菊斑潛蠅之重要寄生蜂 (Chien & Ku 1998; Chien *et al.* 2004, 2005b)，底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂爲蔬菜斑潛蠅之重要寄生蜂 (Chien & Chang 2008b, 2009b)。在 25℃下，四種雌蜂一生之產卵量各達 210、213、243 及 242 粒，另取食寄主數在異角釉小蜂爲 287 隻，其他三種釉小蜂各爲 172、125 及 130 隻 (Chien *et al.* 2004, 2005b; Chien & Chang 2008b, 2009b)。但此等釉小蜂在無寄主、僅供食蜂蜜時之調節產卵期，除華釉小蜂可長達 20 d (產卵量減少 12.7%)，其餘三種寄生蜂均短。隔離寄主 10 d 與 15 d，異角釉小蜂產卵量各減少 33.3% 與 32.9%，岡崎釉小蜂產卵量各減少 53.3% 與 69.0%；而底比斯釉小蜂隔離寄主 10 d，其產卵量即銳減 71.6% (Chien *et al.* 2005a, 2005c; Chien & Chang 2008c, 2010)。本試驗證實此四種釉小蜂在 25℃、僅供食蜂蜜並隔離寄主 25 d，再遇寄主 3 或 5 d 後，其卵巢內雖有新成熟卵形成，但數量僅 2.3–3.8 粒。顯示爲發揮此等釉小蜂對斑潛蠅之抑制效果，建議應維持環境之穩定性，除採用對斑潛蠅防治有效且對釉小蜂較相容之賽滅淨防治斑潛蠅 (Chien *et al.* 2007; Chien & Chang 2011) 外，在田間尚需供應釉小蜂蜜源以延長其壽命。

引用文獻

Bell, W. J. and M. K. Bohm. 1975. Oosorption in insects. Biol. Rev. 50:373–396.

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2008a. Morphology and life history of *Chrysocharis pentheus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 28:159–181. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2008b. Influence of temperature on the population increase and host-killing capability of *Chrysocharis pentheus* (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 28:277–291. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2008c. The influence of storage temperature and duration on *Chrysocharis pentheus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 28:293–304. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2009a. Morphology and life history of *Closterocerus okazakii* (Kamijo) (Eulophidae). Formosan Entomol. 29:25–36. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2009b. Influence of temperature on the life table and host-killing capability of *Closterocerus okazakii* (Kamijo) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 29:37–50. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2010. The influence of storage temperature and duration on the fertility and host-killing capability of *Closterocerus okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae). J. Taiwan Agric. Res. 59:289–298. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2011. Effect of insecticides on *Closterocerus okazakii* and *Chrysoncharis pentheus* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoids of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). J. Taiwan Agric. Res. 60:185–196. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Ku. 1996. Morphology, life history and reproductive ability of *Liriomyza trifolii*. J. Agric. Res. China 45:69–88. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Ku. 1998. The occurrence of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoids on fields of *Gerbera jamesonii*. Chinese J. Entomol. 18:187–197. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Ku. 2001a. Instar preference of five species of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Hymenoptera: Eulophidae, Braconidae). Formosan Entomol. 21:89–97. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Ku. 2001b. Appearance and life history of *Hemiptarsenus varicornis* (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 21:247–255. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Ku. 2001c. Appearance and life history of *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 21:383–393. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C., S. C. Chang, and S. C. Ku. 2004. Influence of temperature on both population increase and host-killing capability of *Hemiptarsenus varicornis* (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 24:91–105. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C., Y. I. Chu, and S. C. Ku. 1994. Oosorption and oviposition-regulating capability of the eulophid wasp, *Tamarixia radiata*, and its internal reproductive organs. Plant Prot. Bull. 36:19–30. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C., S. C. Ku, and S. C. Chang. 2005a. Study of the storage and oviposition-regulating capability of *Hemiptarsenus varicornis* (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 25:9–21. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C., S. C. Ku, and S. C. Chang. 2005b. Influence of temperature on the population increase and host-killing capability of *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). Plant Prot. Bull. 47:87–101. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C., S. C. Ku, and S. C. Chang. 2005c. Study of the storage and oviposition-regulating capability of *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). Plant Prot. Bull. 47:213–227. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C., S. C. Ku, and S. C. Chang. 2007. The effect of common insecticides on two parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). Formosan Entomol. 27:277–292. (in Chinese with English abstract)

Clark, A. M. 1963. The influence of diet upon the adult life span of two species of *Bracon*. Ann. Entomol. Soc. Amer. 56:616–619.

Flanders, S. E. 1942. Oosorption and ovulation in relation to oviposition in the parasitic Hymenoptera. Ann. Entomol. Soc. Amer. 35:251–266.

Jervis, M. A. and N. A. C. Kidd. 1986. Host-feeding strategies in Hymenopteran parasitoids. Biol. Rev. 61:395–434.

Leius, K. 1961a. Influence of food on fecundity and longevity of adults of *Itoplectis conquisitor* (Say) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Can. Entomol. 93:771–780.

Leius, K. 1961b. Influence of various foods on fecundity and longevity of adults of *Scambus buolianae* (Htg.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Can. Entomol. 93:1079–1084.

Price, P. W. 1974. Strategies for egg production. Evolution 28:76–84.

Sugimoto, T., T. Imoarai, and H. Tsuji. 1983. Oosorption in eulophid wasp *Chrysocharis pentheus* Walker (Hymenoptera: Eulophidae). Appl. Ent. Zool. 18:287–289.

Wylie, H. G. 1962. An effect of host age on female longevity and fecundity in *Nasonia vitripennis* (Walk.) (Hymenoptera: Pteromalidae). Can. Entomol. 94:990–993.

Oosorption in Four Eulophid Wasps (Hymenoptera: Eulophidae) Parasitic on Leafminers (Diptera: Agromyzidae)

Ching-Chin Chien[1,*] and Shu-Chen Chang[2]

Abstract

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2013. Oosorption in four eulophid wasps (Hymenoptera: Eulophidae) parasitic on leafminers (Diptera: Agromyzidae). J. Taiwan Agric. Res. 62(1):32–39.

Four eulophid wasps, *Hemiptarsenus varicornis* (Girault), *Neochrysocharis formosa* (Westwood), *Chrysoncharis pentheus* (Walker) and *Closterocerus okazakii* (Kamijo) are important native parasitoids of leafminers in Taiwan. The types of their oosorption and oogenesis are similar. As these species were fed only on honey at 25℃, the average numbers of mature eggs in their ovaries of 0-day-old female wasps were 0.5, 4.5, 0.0 and 4.3, respectively, increased significantly in 1-day-old females, and reached the top at 2- or 3-day-old for 3 days, being 2.0–2.4, 15.9–17.2, 5.3–6.2 and 8.7–9.9, respectively. However, the numbers decreased to 1.7–0.0, 14.7–3.1, 3.8–0.5, and 7.1–0.8, respectively, from 5- or 7-day-old to 25-day-old of the female age. As these four wasps were fed on honey only without host for 25 days, then fed on host and honey for 3 or 5 days more, only 2.3–3.8 new mature eggs were found in their ovaries. The results indicated that these four eulophid wasps could salvage nutrients in the oocytes by oosorption to regulate their oviposition times during the absence of hosts, but this strategy was not very effective. Therefore, to enhance the leafminers control efficacy of these four eulophid wasps, the stable field conditions such as providing nectar food sources to prolong their longevity are suggested.

Key words: Oosorption, *Hemiptarsenus varicornis*, *Neochrysocharis formosa*, *Chrysoncharis pentheus*, *Closterocerus okazakii*, Leafminers.

Received: October 24, 2012; Accepted: December 11, 2012.

* Corresponding author, e-mail: chien@tari.gov.tw
1 Former Research Fellow, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
2 Assistant Research Fellow, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 62(1):40–56 (2013)
DOI:10.6156/JTAR.2013.06201.05

台灣地區水稻稻熱病菌生理型之研究 (2011)

陳繹年[1] 陳純葳[2] 林宗俊[1,*]

摘要

陳繹年、陳純葳、林宗俊。2013。台灣地區水稻稻熱病菌生理型之研究 (2011)。台灣農業研究 62(1):40–56。

本研究於 2011 年自苗栗、台中、彰化、南投、雲林、嘉義、台南、高雄及屏東等 9 縣市共 22 鄉鎮市，採集分離得到稻熱病菌 (*Magnaporthe oryzae* B. Couch) 單孢菌株共 114 株。利用噴霧接種法檢測 114 株菌株對台灣稻熱病菌生理小種 16 種水稻判別品種之致病性，接種 7 d 後依據各水稻品種表現之感受性反應比對國內已發表之七個生理群、共 78 個生理小種，結果發現有 89 菌株分屬於六個生理群 (I、J、T、K、N 與 A)，僅其中 12 菌株可比對出前人已發表之 3 個生理小種 (包括 race 1、race 2 與 race 17)；其餘 25 菌株均屬新的生理群，占受測菌株的 21.9%；唯本研究的測試結果未發現有屬於 P 生理群的菌株存在。在已檢出的六個生理群菌株中，以 K 生理群的 35 菌株為最多，占 30.7%，其次為 I 生理群的 29 菌株 (25.4%)，至於 J 生理群僅檢出 1 菌株。分析在不同栽培地區採集之稻熱病菌菌株生理型的分布情形，結果以苗栗地區檢出的六個生理群為最多，其次為彰化南投及雲林的五個生理群，台中、台南及屏東地區的四個生理群次之，顯示各水稻栽培地區之稻熱病菌菌株生理型呈現多樣性。此外，分析 2011 年一、二期稻作稻熱病菌菌株生理群間的變化，發現台中、彰化南投及雲林地區主要的生理群並無太大改變，唯苗栗地區兩期作之稻熱病菌菌株間屬於完全不同的生理群。在水稻判別品種中，本土育成之 稻品種光復 1 號僅對 2 株檢測菌株 (HL2g2 與 ct1e3) 呈現感病反應，而對其餘 112 株檢測菌株則呈現明顯之抗病性，或可作為稻熱病抗病育種之材料。

關鍵詞：水稻、稻熱病、生理小種、生理群、判別品種。

前言

稻熱病 (rice blast disease) 為全球各水稻栽培區域最主要的流行病之一。病害發生嚴重時，可造成 50–90% 的產量損失 (Hajano *et al.* 2011)。每年在南亞及東南亞地區因稻熱病引起的經濟損失估計達 5,500 萬美元 (Herdt 1991)。在台灣，水稻栽培採兩期作制度，其中第一期作水稻發生稻熱病較第二期作水稻普遍且嚴重 (Chien 1974)。根據台灣省政府農林廳 1966–1988 年計 23 年間的統計報告，第一期作水稻的葉稻熱病平均發病面積為 34,269 ha，穗稻熱病發生面積為 26,400 ha，約占 1/10 以上的水稻栽培面積，稻穀損失估計達 1.5–5.0% 年產量 (Tsai 2009)。

稻熱病由稻熱病菌 *Magnaporthe oryzae* B. Couch (Couch & Kohn 2002) 所引起，其無性世代為 *Pyricularia oryzae* Cavara (Ou 1985)。水稻稻熱病菌可侵染各個生育期的水稻植株，危害包括根系、稻稈、葉耳、葉及穗等部位 (Sesma & Osbourn 2004; Tsai 2007)。有關稻熱病菌的生理分化，早在 1922 年日本學者佐佐木氏在水稻抗稻熱病的育種研究中，就已發現本病原菌有 A、B 兩種不同病原性的菌系存在 (Ou 1971; Chien 1974)，從此，世界各國便展開對稻熱病菌菌株致病性的相關研究。

投稿日期：2012 年 8 月 6 日；接受日期：2013 年 1 月 3 日。
[*] 通訊作者：tclin@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所植物病理組助理研究員。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所植物病理組聘用助理研究員。台灣 台中市。

1960 年代為了研究稻熱病菌生理型的問題，日本、美國、台灣、菲律賓、印度及韓國等國家各自建立了一套水稻判別品種，但因各套系統間使用的水稻品種不盡相同，使得彼此間的研究結果無法比較。為此，日本與美國合作從美、日、台等 3 套判別系統共 39 個水稻品種中，挑選出 8 個具鑑別代表性的品種作為國際判別品種以供研究使用 (Atkins *et al.* 1967)，然上述各套判別品種當時均缺乏抗病基因組成分析 (Tsunematsu *et al.* 2000; Telebanco-Yanoria *et al.* 2008)。Flor (1971) 於研究亞麻銹病菌生理小種時，認為採用含有單一、獨立且抗病基因各異的品種組成之判別品種進行檢測，才能提供病原菌基因型研究上有效且充足的訊息。為了能更深入瞭解生理小種與抗病基因間的互作關係，日本學者於 1976 年重新選育了一套由 9 個單一抗病基因組成的稉稻判別品種，並採用八進制計數法 (octal notation) 簡化生理小種命名上可能遇到生理小種數量龐大的問題 (Yamada *et al.* 1976)。國際稻米研究所 (International Rice Research Institute; IRRI) 也與日本合作，自 1994 年起開始嘗試發展僅含單一抗稻熱病基因的單基因系 (monogenic lines) 及近同源系 (near isogenic lines; NILs) 作為判別品種 (Fukuta *et al.* 2004)。至目前為止，已建立了一套以大陸普感稉稻品種麗江新團黑穀 (Lijianxintuanheigu; LTH) 為背景的單基因系；及三套分別以 LTH、CO39 (秈稻) 及 US2 (秈稉雜交稻) 品種為背景的近同源系 (Kobayashi *et al.* 2007)。值得注意的是，CO39 品種對稻熱病雖然極為感病，但已被檢測出帶有抗稻熱病基因 *Pia* (Imbe *et al.* 1997)。

而台灣在橋岡氏 (Hashioka 1952) 指出台灣水稻稻熱病菌可能存在有生理小種後，當時的台灣省農業試驗所 (現農委會農業試驗所) 就開始積極針對稻熱病菌生理小種問題進行深入的研究。首先 Chien *et al.* (1963) 於 1955–1957 年間篩選國內外 1,000 餘種的水稻品種，依據各品種對稻熱病菌所表現之抗感病性，選定 11 種稉稻品種 (包括 1 種中國品種、7 種本土育成品種及 3 種日本稻) 及 5 種秈稻品種 (2 種國內山地秈稻及 3 種國內平地秈稻)，共 16 個水稻品種作為台灣稻熱病菌生理小種的判別品種。爾後 Chien (1974, 1990b) 自 1960 年起，陸續於 16 年間 (至 1987 年) 測定國內 1,871 株菌株，並將當時所測定台灣水稻稻熱病菌的生理型歸類成七個生理群 (P、I、J、T、K、N 及 A)，共 78 個生理小種。於上述測試年間，各個稻熱病菌生理小種出現的頻度年年不同，但主要仍以 I 及 T 生理群的生理小種占大多數；而 K 與 N 兩生理群自開始測定稻熱病菌生理小種之後，即年年皆有出現，至於屬於 J 生理群的稻熱病菌生理小種則自 1964 年以後即不曾再出現 (Chien 1971)。在此之後，除 1988–1991 年、1993–1994 年間農業試驗所年報仍有相關水稻稻熱病菌生理小種之監測資料外，於 1995 年後即無相關研究之報導。

有關稻熱病菌生理小種的研究，目前仍以接種判別品種、判讀致病表現為主要檢測方式，雖然至今已有許多稻熱病菌分子遺傳學的研究成果，但遺傳譜系 (lineage) 與致病型間的關係卻隨著研究材料的不同而有差異，並未有明顯的對應關係 (Correa-Victoria & Zeigler 1993; Levy *et al.* 1993; Chen *et al.* 1995)。稻熱病問題雖經各國專家學者多年廣泛的研究探討，但其危害情形迄今仍無法完全掌控。台灣曾投入稻熱病菌生理小種及流行病學等相關研究三十餘載，並累積大量研究成果，然而自 1994 年後中斷十餘年，未有後續研究銜接，殊為可惜。為瞭解目前台灣田間稻熱病菌生理型之演變，及其與 1960–1994 年間稻熱病菌菌株族群之差異，本研究針對稻熱病菌生理小種族群的分布情形重新進行調查研究，透過分析稻熱病菌菌株族群的演變與地域、環境氣候及水稻生育期間之相關性，探討稻熱病菌菌株生理型變化與稻熱病發生之關聯性，期能釐清本病害流行之主要原因，並期望能將成果應用於水稻抗稻熱病育種工作，以達有效控制本病害發生之目的。

材料與方法

田間稻熱病菌菌株之收集及供試菌株之製備

本研究於 2011 年一、二期作水稻種植期間，自台灣各地水稻栽培區採集水稻稻熱病之罹病水稻組織。將罹病組織樣本以清水沖洗病斑表面並利用擦手紙巾吸乾多餘水分後，剪取單一病斑部位，以透氣膠布將稻葉組織固定於載玻片上並加以編號，隨即置於濕室中保溼並逐日觀察，將已產生孢子之樣本以滅菌之移植環勾取病原菌之分生孢子後，畫線塗布於含有 2% (w/v) 蔗糖之水瓊脂培養基 (2% w/v)。待孢子發芽後，於解剖顯微鏡下進行孢子形態鑑定並挑取已發芽之單一孢子，移植至 10% V-8 平板培養基 [10% (v/v) V-8 蔬菜汁 (Campbell Co., USA)、0.02% (w/v) 碳酸鈣、1.7% (w/v) 瓊脂] (Lee *et al.* 2006) 培養 2 wk 後，切取菌落邊緣之新鮮菌絲塊，置入無菌水中於室溫下進行保存。同時以含 0.05% (v/v) Tween 80 之無菌水洗取病原菌之分生孢子，製成孢子懸浮液 (1×10^5 spores mL^{-1}) 供接種試驗使用。

供試水稻判別品種之培育

本研究所採用之水稻品種，爲農業試驗所於 1957 年建立之 16 個台灣判別品種，包括 1 個中國品種崑山五香稉；7 種本土育成稉稻品種：台中 65 號、稗桿稻、台中 171 號、嘉農 242 號、光復 1 號、嘉農育 280 號與台中系比 33 號；3 種日本稻：關東 51 號、農林 21 號與 Sensho；2 種國內山地秈稻：Cutsugulcul 與 Natala；及 3 種國內平地秈稻：高腳柳州、高雄大粒清油與台中低腳烏尖。將各水稻品種之種子以流水方式浸種 3 d，再於 28℃定溫箱中催芽 24 h 後，以顆粒土 (赤玉土) 爲介質，播種於 20 孔塑膠育苗盤 (孔穴大小爲 5.8 cm × 5.8 cm × 5.2 cm) 中，每一孔穴播種 10 粒水稻種子，每個育苗盤內播種 16 個水稻判別品種。播種後覆蓋顆粒土於稻種表面並充分澆水，隨即移入溫室之濕室中保溫及保溼，待所有品種之水稻種子冒芽超出土面 0.5–1 cm (約 2–3 d)，即移出濕室。每 10 d 於每一育苗盤施用花寶 5 號 (30–10–10) 1 g，在病原菌接種試驗前共施用 2 次，待秧苗生長達 3–4 片葉時供接種試驗使用。

供試菌株之病原性測定

將製備之孢子懸浮液 (1×10^5 spores mL^{-1})，以噴霧接種法均勻噴灑於各判別品種之秧苗葉片上，每一病原菌菌株之接種量爲 30 mL/盤。接種完畢後先於溫室之濕室中保溼 3 d，移出後再經 4 d 即可觀察各病原菌菌株對判別品種之致病反應。隨後將各判別品種呈現之病斑型依據歐世璜博士 1965 年訂定之罹病等級加以記錄 (Bonman *et al.* 1986)。水稻稻熱病之病斑型及罹病等級如表 1，罹病等級可分爲 0 到 5 級，0–3 級爲抗病性反應 (resistant)，4–5 級爲感病性反應 (susceptible)。試驗結果再依簡錦忠博士建立之台灣稻熱病菌生理型類別進行生理型之區分 (Chien 1990b)。

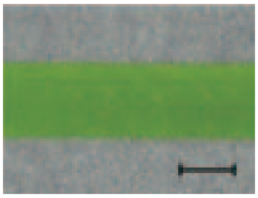
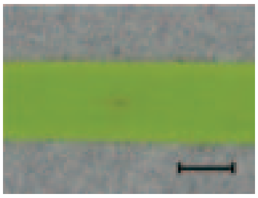
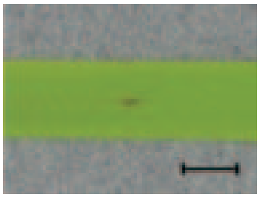
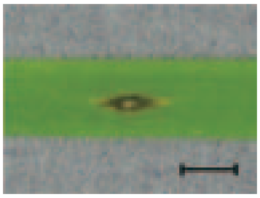
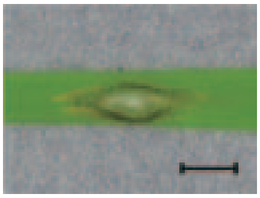
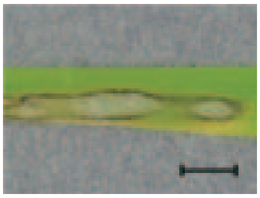
結果與分析

田間稻熱病菌菌株之收集

2011 年間，於台灣地區 9 縣市共 22 個鄉鎮市採集罹病之水稻植株，經單孢分離，得到 114 株水稻稻熱病菌之單孢菌株。北部苗栗地區一期稻作分得 18 株、二期稻作分得 3 株；中部四縣市 (台中、彰化、南投及雲林) 一期稻作分得 44 株、二期稻作分得 29 株；南部四縣市 (嘉義、台南、高雄及屏東) 一期稻作分得 20 株。一期稻作共計分得 82 株稻熱病菌菌株、二期稻作共計分得 32 株稻熱病菌菌株 (詳如表 2)。菌株編碼方式如下，菌株代號前二 (三) 碼英文字母爲採集地點之漢語拼音簡寫；同一地區 (鄉鎮) 不同採集田區以阿拉伯數字依序於英文地點簡寫後表示，同一田區之數字代碼不因採集時間不同而異；倒數第二位之小寫英文字母表同一田區不同採集時間之樣本；末位數字代表同一田區不同單斑之單孢菌株。菌株採集時間以四碼阿拉伯數字 (西元年月) 表示。

表 **1.** 稻熱病罹病等級之判別基準。

Table 1. Category of lesions on rice leaves caused by *Magnaporthe oryzae* [z].

Designation	Score	Infection type	Symptom [y]
R	0	No evidence of infection	
	1	Brown specks smaller than 0.5 mm in diameter, no sporulation	
	2	Brown specks about 0.5–1 mm in diameter, no sporulation	
	3	Roundish to elliptical lesions about 1–3 mm in diameter with gray center surrounded by brown margins, lesions capable of sporulation	
S	4	Typical spindle-shaped blast lesion capable of sporulation, 3 mm or longer with necrotic gray centers and water-soaked or reddish brown margins, little or no coalescence of lesions	
	5	Lesions as in 4 but about half of one or two leaf blades killed by coalescence of lesions	

[z] R: resisrant reaction; S: susceptible reaction. Score 0 to score 3 were resistant reactions; score 4 and score 5 were susceptible reactions (Bonman *et al.* 1986).

[y] Bar = 3 mm.

表 2. 2011 年稻熱病菌菌株採集地點與株數。

Table 2. Location (region, county and township) and number of *Magnaporthe oryzae* isolates collected in Taiwan in 2011.

			No. of isolates		
Region	City/County	District/Township	1st crop season	2nd crop season	Total
Northern Taiwan	Miaoli	Tongxiao, Yuanli, Tongluo, Sanyi	18	3	21
Central Taiwan	Taichung	Houli, Fengyuan, Wufeng	9	11	20
	Nantou	Caotun	3		3
	Changhua	Changhua, Shetou, Tianzhong, Xizhou, Pitou, Ershui	25	6	31
	Yunlin	Erlun, Xiluo, Citong, Dounan	7	12	19
Southern Taiwan	Chiayi	Xikou	3		3
	Tainan	Houbi	5		5
	Kaohsiung	Meinong	6		6
	Pingtung	Wandan	6		6
Total (no.)	9	22	82	32	114

菌株之病原性測定與分析

2011 年進行 114 株菌株之接種試驗，包含 82 株一期稻作菌株 (採集時間為 4–6 月份)、32 株二期稻作菌株 (採集時間為 8–11 月份) (表 3)。依據各菌株對水稻判別品種呈現之致病性比對其生理型，結果發現有 89 株測試菌株可歸入簡錦忠博士建立之 I、J、T、K、N 及 A 等六個生理群，其中 I 生理群有 29 菌株、J 生理群有 1 菌株、T 生理群有 11 菌株、K 生理群有 35 菌株 (一株為 race 2、一株為 race 17)、N 生理群有 3 菌株與 A 生理群有 10 菌株 (均為 race 1)；其餘 25 菌株之生理型並無法歸類為已知的七個生理群 (表 4)。此 25 菌株主要對中國稉稻品種崑山五香稉與本土育成稉稻品種光復 1 號、國內山地秈稻品種 Natala 及國內平地秈稻品種台中低腳烏尖不具有致病性。

分析 2011 年一、二期稻作其稻熱病菌菌株生理型之分布，一期稻作採集之 82 株菌株中，其中 60 菌株可歸入 I、J、T、K、N 及 A 等六個生理群，分別為 I 生理群 18 菌株、J 生理群 1 菌株、T 生理群 4 菌株、N 生理群 3 菌株、K 生理群 25 菌株 (1 菌株為 race 2) 與 A 生理群 9 菌株 (均為 race 1)；其餘 22 菌株無法歸入已知的七個生理群中。二期稻作採集之 32 菌株，其中 29 菌株可歸入四個生理群，分別為 I 生理群 11 菌株、T 生理群 7 菌株、K 生理群 10 菌株 (1 菌株為 race 17) 與 A 生理群 1 菌株 (race 1)；其餘 3 菌株無法歸入已知的七個生理群中 (圖 1)。由稻熱病菌生理型的出現頻度，發現一期稻作稻熱病菌的主要生理群為 K 生理群 (30.5%)、I 生理群 (22.0%) 及未分群 (26.8%)，二期稻作稻熱病菌的主要生理群為 I 生理群 (34.3%)、K 生理群 (31.3%) 及 T 生理群 (21.9%)。顯示 I 生理群與 K 生理群之稻熱病菌菌株為本年度一、二期稻作主要的病原菌族群，此與簡氏之調查結果 (Chien 1974) 略有差異，當時以 I 生理群、P 生理群與 T 生理群為主要的病原菌族群，因此推測田間稻熱病菌族群組成可能已發生改變。而 J 生理群與 N 生理群之菌株則僅於一期稻作出現，且菌株數分別只有 1 及 3 個菌株，出現頻度極低，此與簡氏調查結果大致相符，當時 J 生理群與 N 生理群的病原菌，其出現頻度亦低 (Chien 1974)。

觀察水稻不同生長階段與稻熱病菌菌株生理型之分布，以月分簡單區分一期稻作營養生長期 (2011/04) 與生殖生長期 (2011/05–06)，結果發現一期稻作不同生育期採集之稻熱病菌菌株均以 I 生理群、K 生理群與未分群等三群為主要的生理型 (圖 2)。於二期稻作營養生長期間 (2011/08–09) 採集之稻熱病菌菌株，以 I 生理群、K 生理群與未分群等三群為主要的生理型；至於生殖生長期間 (2011/10–

表 3.　2011 年接種之稻熱病菌菌株來源地區及採樣時間。

Table 3.　Region and sampling date of *Magnaporthe oryzae* isolates used in the inoculation tests.

City/County	District/Township	Sampling date	Isolates (n = 114)
Miaoli	Tongxiao	Jun., 2011	TX1d1, TX1d2, TX1d3, TX2e1, TX2e2, TX2e3
	Yuanli	Jun., 2011	YL1e1, YL1e2, YL1e3, YL2f1, YL2f2, YL2f3
	Sanyi	Apr., 2011	SY1d1, SY1d2, SY1d3
		Jun., 2011	SY2e1, SY2e2, SY2e3
		Sep., 2011	SY1f1, SY1f2, SY1f3
Taichung	Houli	Apr., 2011	HL1a1, HL1a2, HL1a3, HL2b1, HL2b2, HL2b3
		Sep., 2011	HL1f1, HL1f2, HL1f3, HL2g1, HL2g2, HL2g3
		Oct., 2011	HL1h1, HL1h3
	Fengyuan	Sep., 2011	fyu1a1, fyu1a2, fyu1a3
	Wufeng	Apr., 2011	WF1g1, WF1g2, WF1g3
Nantou Changhua	Caotun	Apr., 2011	ct1e1, ct1e2, ct1e3
	Changhua	Apr., 2011	KGa1, KGa2, KGa3
	Pitou	May, 2011	PT1e1, PT1e2, PT1e3, PT2f1, PT2f2, PT2f3
	Shetou	May, 2011	ST1e1, ST1e2, ST1e3
	Tianzhong	Apr., 2011	TZ1d1, TZ1d2, TZ1d3
	Xizhou	Apr., 2011	XZ1b1, XZ1b2, XZ1b3, XZ2c1, XZ2c2, XZ2c3
		Nov., 2011	XZ1e1, XZ1e2, XZ1e3
	Ershui	Apr., 2011	ES1a2, ES1a3, ES2b1, ES2b3
		Aug., 2011	ES1c1, ES1c2, ES1c3
Yunlin	Xiluo	Aug., 2011	XL1d1, XL1d2, XL1d3
		Sep., 2011	XL1e1, XL1e2, XL1e3, XL2f1, XL2f2, XL2f3
	Citong	Apr., 2011	CT1b3, CT2c1, CT2c2, CT2c3
	Erlun	Aug., 2011	EL1a1, EL1a2, EL1a3
	Dounan	May, 2011	DNa1, DNa2, DNa3
Chiayi	Xikou	Apr., 2011	XKb1, XKb2, XKb3
Tainan	Houbi	Apr., 2011	HB1f1, HB1f2, HB1f3, HB2g2, HB2g3
Kaohsiung	Meinong	Apr., 2011	MN1d1, MN1d2, MN1d3, MN2e1, MN2e2, MN2e3
Pingtung	Wandan	Apr., 2011	WD1b1, WD1b2, WD1b3, WD2c1, WD2c2, WD2c3

11) 採集之稻熱病菌菌株，則以 I 生理群爲主 (圖 3)。由上述結果可知，於 2011 年水稻不同生育期間所採集之稻熱病菌株的生理型雖有些許差異，但主要的生理群並無太大變動。

稻熱病菌菌株其各生理群分布的情形如圖 4 所示，I 生理群菌株普遍存在已調查的 8 個地區，其次爲 K 生理群存在已調查的 7 個地區；另外，除最南邊高雄與屏東外的 6 個地區均採集到未分群的菌株。而苗栗地區採集到唯一 1 株 J 生理群的菌株；N 生理群的 3 株菌株則分別出現在台中、台南及高雄地區。

若以地域分布檢視，發現苗栗、台中、彰化南投、雲林、台南及屏東地區的稻熱病菌菌株均至少有四個生理群以上的生理型，顯示各地區稻熱病菌菌株生理型的多樣性；而嘉義與高雄地區稻熱病菌的生理型較少，則可能因取樣的樣本數少的關係，而無法完整呈現該地區稻熱病菌的生理型分布 (圖 4)。各地區主要稻熱病菌的生理群亦有差異，如 K 生理群爲苗栗、彰化南投及雲林地區之主要的病原菌族群；台中地區則以 I 生理群爲主。而未分群的菌株，在苗栗、台中、彰化南投

表 4. 2011 年台灣各地區分離單孢菌株生理型。

Table 4. Physiological types of single-spore isolates of *Magnaporthe oryzae* collected in Taiwan in 2011 [z].

Physiological group	Taiwan race	Isolate	Differential varities																Sampling date (month)
			Kung-shan-wu-shen-ken	Taichung 65	Pai-kan-tao	Taichung 171	Chianung 242	Kwang-fu 1	Chianung-yu 280	Taichung-line 33	Kanto 51	Norin 21	Sensho	Cutsugulcul	Natala	Kao-chio-liu-chou	Kaoshiung-ta-li-chen-yu	Taichung-ti-chio-wu0chien	
I		TX1d1	S [y]	S	S	S	R	R	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	Jun.
		TX1d2	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	Jun.
		TX2e1	S	S	R	R	R	R	R	R	R	S	S	R	S	S	S	S	Jun.
		TX2e2	S	R	R	S	S	R	R	R	R	S	R	R	S	S	S	S	Jun.
		HL1f1	S	S	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S	S	Sep.
		HL1f2	S	S	S	S	R	R	R	R	R	R	S	R	S	S	S	S	Sep.
		HL1h1	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	Oct.
		HL1h3	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	Oct.
		HL2g1	S	S	S	R	S	R	S	S	S	R	R	S	R	S	S	S	Sep.
		HL2g2	S	S	R	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	S	S	S	Sep.
		HL2g3	S	S	S	S	S	R	S	R	R	S	S	R	R	S	S	S	Sep.
		fyu1a2	S	S	R	R	R	R	S	R	R	S	S	R	R	S	S	S	Sep.
		WF1g1	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	R	R	S	S	S	Apr.
		WF1g2	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	Apr.
		WF1g3	S	S	S	S	S	R	S	R	S	S	S	R	S	S	S	S	Apr.
		PT2f3	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	S	R	S	S	S	May
		PT1e3	S	S	R	S	S	R	S	R	S	R	S	R	S	S	S	S	May
		XZ1e3	S	S	S	R	S	R	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	Nov.
		ES1c1	S	R	S	S	R	R	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	Aug.
		XL1e1	S	S	S	S	S	R	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	Sep.
		XKb1	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	Apr.
		XKb3	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	Apr.
		HB1f3	S	S	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R	S	S	S	Apr.
		MN1d1	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	Apr.
		MN1d2	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	Apr.
		MN1d3	S	S	S	S	R	R	S	R	S	S	S	R	R	S	S	S	Apr.
		MN2e1	S	S	S	S	S	R	S	R	S	S	S	S	R	S	S	S	Apr.
		WD2c1	S	S	R	S	S	R	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	Apr.
		WD2c2	S	S	S	S	S	R	S	S	S	R	R	R	S	S	S	S	Apr.
J		TX1d3	S	S	S	S	R	R	S	S	S	S	S	S	S	R	R	R	Jun.
T		SY1f1	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	S	S	R	R	R	Sep.
		SY1f2	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	S	S	R	R	R	Sep.

表 **4.** 2011 年台灣各地區分離單孢菌株生理型 (續)。

Table 4. Physiological types of single-spore isolates of *Magnaporthe oryzae* collected in Taiwan in 2011 [z]. (continued)

Physiological group	Taiwan race	Isolate	Differential varities																Sampling date (month)
			Kung-shan-wu-shen-ken	Taichung 65	Pai-kan-tao	Taichung 171	Chianung 242	Kwang-fu 1	Chianung-yu 280	Taichung-line 33	Kanto 51	Norin 21	Sensho	Cutsugulcul	Natala	Kao-chio-liu-chou	Kaoshiung-ta-li-chen-yu	Taichung-ti-chio-wu0chien	
		SY1f3	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	R	R	Sep.
		KGa3	S	S	S	S	S	R	S	S	S	R	R	S	S	R	R	R	Apr.
		ct1e2	S	S	S	R	R	R	R	S	S	R	S	S	S	R	S	R	Apr.
		XZ1e1	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	Nov.
		ES1c2	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	Aug.
		XL1e2	S	S	S	R	R	R	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	Sep.
		CT2c3	S	S	S	S	S	R	S	R	S	S	R	R	S	S	S	R	Apr.
		EL1a1	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	S	S	S	R	R	Aug.
		WD2c3	S	S	S	S	S	R	S	R	S	S	R	R	S	S	S	R	Apr.
K		YL1e1	S	S	R	R	R	R	S	R	R	R	S	R	R	S	S	R	Jun.
		YL1e2	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	S	R	S	Jun.
		YL1e3	S	R	R	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	R	S	R	Apr.
		TX2e3	S	R	R	S	R	R	S	R	S	R	S	R	R	S	S	R	Jun.
		SY2e1	S	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R	S	R	S	Jun.
		SY2e2	S	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Jun.
		SY2e3	S	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R	Jun.
		HL1a2	S	S	R	S	S	R	S	R	S	R	R	R	R	S	R	R	Apr.
		fyu1a1	S	S	S	S	R	R	S	R	S	S	S	R	R	S	S	R	Sep.
		fyu1a3	S	S	S	S	R	R	S	S	R	S	S	S	R	S	S	R	Sep.
		KGa2	S	S	S	S	S	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S	Apr.
		ST1e2	S	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	May
	2	ST1e3	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	May
		TZ1d2	S	R	R	S	S	R	S	S	S	R	R	S	R	S	R	S	Apr.
		TZ1d3	S	R	S	S	S	R	S	S	R	R	R	S	S	S	R	R	Apr.
		PT2f2	S	S	S	R	S	R	R	R	S	R	S	S	R	S	S	R	May
		XZ1e2	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	R	S	S	R	Nov.
		XZ1b1	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	R	R	R	R	R	Apr.
		XZ2c1	S	S	R	S	R	R	R	S	R	R	R	S	R	R	R	R	Apr.
		XZ2c3	S	R	S	R	R	R	S	S	S	S	S	S	R	R	R	R	Apr.
		ES1c3	S	S	R	S	S	R	S	S	S	S	S	S	R	S	S	R	Aug.
		ES2b3	S	S	S	S	S	R	S	R	R	S	R	S	R	R	S	R	Apr.
		XL1d1	S	S	S	R	R	R	S	S	S	S	S	S	R	S	S	R	Aug.

表 4. 2011 年台灣各地區分離單孢菌株生理型 (續)。

Table 4. Physiological types of single-spore isolates of *Magnaporthe oryzae* collected in Taiwan in 2011 [z]. (continued)

Physiological group	Taiwan race	Isolate	Differential varities																Sampling date (month)
			Kung-shan-wu-shen-ken	Taichung 65	Pai-kan-tao	Taichung 171	Chianung 242	Kwang-fu 1	Chianung-yu 280	Taichung-line 33	Kanto 51	Norin 21	Sensho	Cutsugulcul	Natala	Kao-chio-liu-chou	Kaoshiung-ta-li-chen-yu	Taichung-ti-chio-wu0chien	
	17	XL1d2	S	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Aug.
		XL2f1	S	R	S	R	S	R	S	S	S	S	R	S	R	R	S	R	Sep.
		XL2f3	S	S	R	R	R	R	S	S	R	S	R	R	R	R	R	R	Sep.
		CT2c1	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	R	S	S	R	Apr.
		CT2c2	S	S	S	S	S	R	S	R	S	S	S	S	R	S	S	R	Apr.
		EL1a2	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	R	R	R	R	Aug.
		EL1a3	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	R	R	R	R	Aug.
		DNa2	S	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	May
		HB1f1	S	R	R	R	R	R	S	R	S	R	R	R	S	S	S	R	Apr.
		HB1f2	S	S	R	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	S	S	R	Apr.
		MN2e2	S	S	R	S	S	R	S	R	S	R	S	R	R	S	S	R	Apr.
		WD1b2	S	S	R	R	R	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	R	Apr.
N		HL2b3	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S	R	R	R	Apr.
		HB2g3	R	R	R	S	R	R	S	R	R	R	R	R	S	S	R	R	Apr.
		MN2e3	R	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	S	S	S	R	S	Apr.
A	1	YL2f1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Jun.
	1	ST1e1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	May
	1	TZ1d1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Apr.
	1	XZ2c2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Apr.
	1	XZ1b2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Apr.
	1	XZ1b3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Apr.
	1	ES2b1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Apr.
	1	XL1d3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Aug.
	1	WD1b1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Apr.
	1	WD1b3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Apr.

表 **4.** 2011 年台灣各地區分離單孢菌株生理型 (續)。

Table 4. Physiological types of single-spore isolates of *Magnaporthe oryzae* collected in Taiwan in 2011 [z]. (continued)

Physiological group	Taiwan race	Isolate	Differential varities																Sampling date (month)
			Kung-shan-wu-shen-ken	Taichung 65	Pai-kan-tao	Taichung 171	Chianung 242	Kwang-fu 1	Chianung-yu 280	Taichung-line 33	Kanto 51	Norin 21	Sensho	Cutsugulcul	Natala	Kao-chio-liu-chou	Kaoshiung-ta-li-chen-yu	Taichung-ti-chio-wu0chien	
Others		YL2f2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	Jun.
		YL2f3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	Jun.
		SY1d1	R	S	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S	R	R	R	S	Apr.
		SY1d2	R	S	R	R	R	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	R	Apr.
		SY1d3	R	R	R	S	S	R	S	S	S	S	R	S	R	R	R	R	Apr.
		HL1a1	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Apr.
		HL1a3	R	R	R	R	R	R	S	R	S	R	R	R	R	R	S	R	Apr.
		HL1f3	R	R	S	S	S	R	S	S	S	R	S	R	R	S	R	R	Sep.
		HL2b1	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Apr.
		HL2b2	R	R	R	S	S	R	S	R	R	R	R	R	R	S	R	R	Apr.
		KGa1	R	R	S	S	S	R	R	R	S	R	R	S	R	S	R	R	Apr.
		ct1e1	R	R	R	R	R	R	S	R	S	S	S	R	R	R	R	R	Apr.
		ct1e3	R	S	S	S	R	S	R	R	R	R	S	R	R	S	S	R	Apr.
		PT1e1	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	May
		PT1e2	R	S	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	May
		PT2f1	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	May
		ES1a2	R	S	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	Apr.
		ES1a3	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	Apr.
		XL1e3	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Sep.
		XL2f2	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	S	R	Sep.
		CT1b3	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S	R	R	R	R	Apr.
		DNa1	R	R	R	S	R	R	R	S	S	R	R	S	R	R	R	R	May
		DNa3	R	S	S	R	S	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	May
		XKb2	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Jun.
		HB2g2	R	R	R	S	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	Apr.

[z] Physiological group and race of *M. oryzae* were determined based on the reaction of each isolate to the 16 differential varieties (Chien 1990b).

[y] R: resistance, S: susceptible.

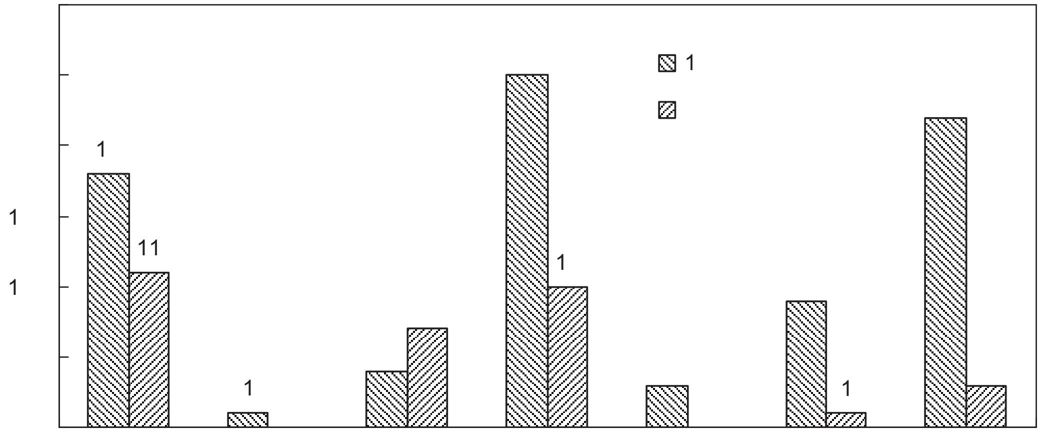


圖 1. 2011 年各別菌株生理型類群於一期作與二期作之菌株數量分析。

Fig. 1. Differences in numbers of isolates of *Magnaporthe oryzae* in each physiological groups between samples collected in Taiwan from the first crop and the second crop seasons of rice in 2011.

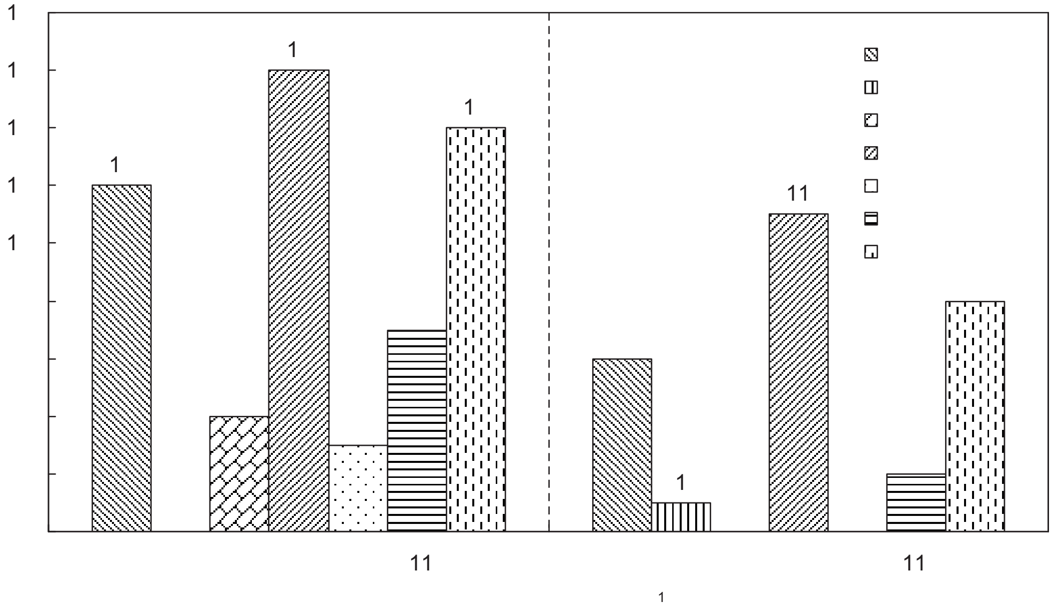


圖 2. 2011 年一期作水稻不同生育期稻熱病菌菌株生理型分布。

Fig. 2. The distribution of physiological types of *Magnaporthe oryzae* isolates collected in Taiwan at different growth stages of rice in the first crop season of 2011.

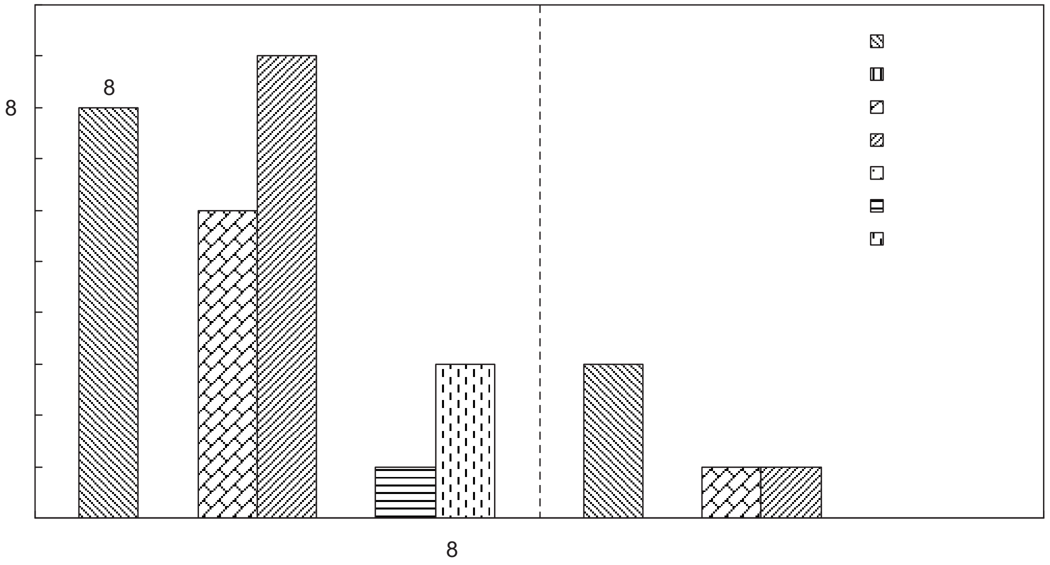


圖 3. 2011 年二期作水稻不同生育期稻熱病菌菌株生理型分布。

Fig. 3. The physiological types of *Magnaporthe oryzae* isolates collected in Taiwan at different growth stages of rice in the second crop season of 2011.

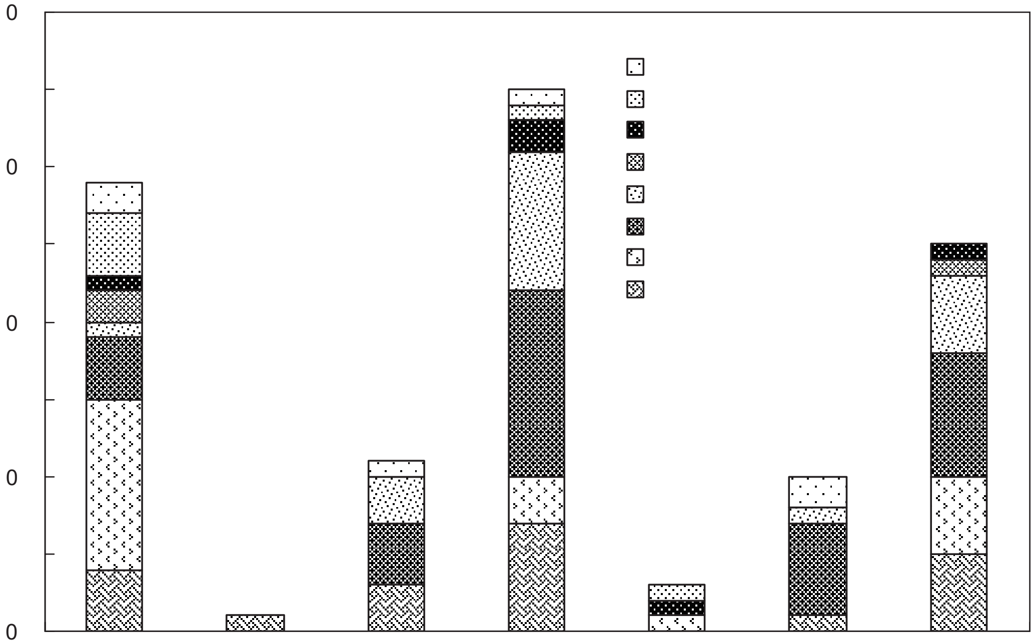


圖 4. 2011 年稻熱病菌菌株生理群區域分布情形。

Fig. 4. The geographical distribution of different physiological groups of *Magnaporthe oryzae* isolates collected in Taiwan from different rice production areas in 2011.

及雲林地區則均爲第二主要的生理群，值得持續觀察其族群變化的情形。

綜合栽培區域與期作因素，觀察稻熱病菌菌株生理型的變化，於苗栗、台中、彰化南投及雲林四個有採集到兩個期稻作稻熱病菌菌株之區域，除雲林地區菌株的生理型由一期作的 T、K 及未分群等三生理群，增爲二期作的 I、T、K、A 及未分群五生理群外，其餘三個栽培區域二期稻作稻熱病菌菌株的生理型均較一期作爲少 (圖 5)。苗栗地區二期稻作的 3 株菌株均屬 T 生理群，與一期稻作曾出現之 I、J、K、A 及未分群等生理群完全不同。台中地區，一期稻作作出現之 I、K、N 及未分群等生理群，僅 N 生理群未於二期稻作檢出；彰化南投地區，一期稻作檢出 I、T、K、A 及未分群等五生理群，二期稻作僅檢出 I、T 及 K 等三生理群。由上述四個栽培區域採集菌株的生理型之變化尚未能歸納出栽培區域與菌株生理型的關聯性。

討論

有關台灣稻熱病菌之生理型，於 1987 年報導 (Chien 1990b) 已有七個生理群、共 78 個生理小種，後續於 1988–1991 年、1993–1994 年間仍陸續有監測資料 (農業試驗所年報)，然而於 1995 年以後則無相關之研究報告。其中於 1991 年的農業試驗所年報 (Tsai & Chang 1992) 中就已經指出，當時稻熱病菌之生理小種已出現明顯變化，文中敘明，1988–1990 年期間所測定的 413 株稻熱病菌菌株中，有 91 菌株異於已報告的 78 個生理小種，其所占測試菌株的比例爲 22%，顯示當時田間稻熱病菌菌株的生理型已處於變動狀態，無法將所有採集到的稻熱病菌菌株歸入已發表的生理小種之中。

檢視 2011 年台灣地區水稻稻熱病菌菌株生理型的結果，於接種試驗之 114 株菌株中，僅有 12 菌株可比對出 3 種已發表的生理小種 (race 1、race 2 與 race 17)，其餘將近九成的稻熱病菌菌株皆無法歸入已報告的 78 個生理小種，且有 25 菌株無法歸入已知的七個生理群中，占受測菌株的 21.9%。而田間稻熱病菌的主要生理群也由原來的 I、P 及 T 生理群，轉變爲以 K 與 I 生理群爲主。K 生理群之稻熱病菌菌株 [主要對判別品種中的崑山五香稉呈感病 (S) 反應] 躍升爲田間主要的族群，

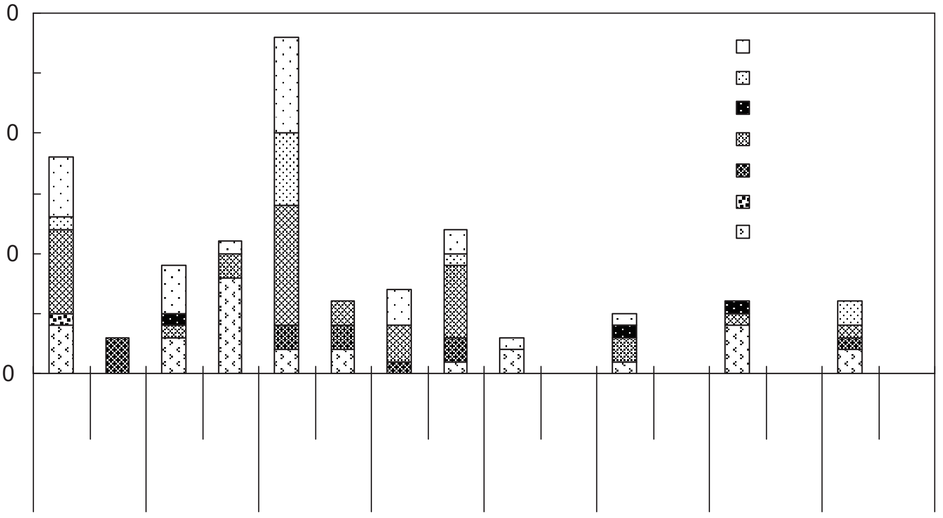


圖 5. 2011 年各地區兩期作稻熱病菌菌株生理型分布情形。

Fig. 5. The distribution of physiological types of *Magnaporthe oryzae* isolates collected in Taiwan from different production areas in the first and the second crop seasons of rice in 2011.

I 生理群則成為第二主要的族群。分析族群變化原因，T 生理群與 K 生理群菌株間之差異，主要在於 T 生理群菌株對本土育成稉稻品種台中 65 號及國內山地秈稻品種 Natala 具有致病性，而 K 生理群對此二水稻品種並沒有致病性。根據農糧署 2011 年第一期作統計資料，目前台灣地區稻作品種中，秈稻僅占收穫總面積約 10.55%，較 1960 年代約占三成比例相差甚多 (Chien 1990a)，推測病原菌族群變動的可能原因為秈稻種植面積減少，致使田間稻熱病菌菌株對秈稻品種 Natala 的致病性降低所致。此現象可由 114 株測試菌株中，僅檢測出 3 菌株屬於 N 生理群 [主要對台灣山地秈稻 Natala 呈感病 (S) 反應] 得到佐證。

至於 J 生理群的菌株在本研究中僅於苗栗地區採集到 1 菌株，其出現頻率為 0.86%，屬於相當弱勢之族群，此結果與簡氏報告中敘述該群菌株於 1964 年後未曾再出現之低頻度大致相符。特別的是，此次接種測試中並未檢出 P 生理群的菌株 (對崑山五香稉、台中 65 號、稗桿稻、台中 171 號、嘉農 242 號、光復 1 號、嘉農育 280 號、台中系比 33 號與 Natala 等水稻品種皆呈感病反應)，主要原因是已測試之 114 菌株中僅 HL2g2 與 ct1e3 菌株對本土育成稉稻品種光復 1 號具致病性所致。綜觀上述結果，2011 年檢測之稻熱病菌菌株對本土稉稻品種光復 1 號與山地秈稻品種 Natala 呈現低致病性反應，此二水稻品種抗稻熱病能力值得觀察，唯目前並無應用此二水稻品種作為育種之親本材料。

檢測之菌株生理型在水稻葉稻熱病 (營養生長期) 及穗稻熱病 (生殖生長期) 時期雖有些許差異，但主要生理群並無太大變化。調查不同生育期病原菌菌株的生理型，易受農民之田間管理操作與環境等條件影響。舉例來說，一般田間防治工作多半於葉稻熱病普遍發生時才進行投藥，而穗稻熱病部分因為直接影響收穫產量，所以通常於抽穗前及齊穗時連續投藥，以有效降低穗稻熱病之發生，但也因此影響稻熱病菌菌株的採集工作與菌株數量上之代表性。

簡氏認為，台灣地區稻熱病菌菌株生理型變動快速的原因，可能與國內水稻品種多樣、變遷頻繁且混雜栽培於田間有關，推測當期作種植的水稻品種面積之多寡，會進一步影響該年度的稻熱病菌生理型之分布與密度 (Chien 1990b)。然田間水稻品種確認工作於實際執行上有其難度，除於契作或產銷專區可正確取得品種資訊外，無法與農友取得聯繫或農友無法提供明確訊息常為田間採集工作面臨之難題，也成為本研究無法完整提供菌株來源水稻品種之主要原因。唯病原生理小種與作物品種息息相關，缺少品種訊息將無法完整釐清兩者間之互作關係，因此品種訊息的取得也成為本研究後續工作努力的目標。此外部分研究亦指出，異核現象 (heterokaryosis)、擬有性重組 (parasexual recombination)、非整倍體 (aneuploidy) (Kang & Lee 2000) 及染色體重排 (chromosome recombination) (Qin *et al.* 1998) 等，均可能是造成稻熱病菌變異的途徑，也因此提高了稻熱病菌之單孢菌株在繼代培養過程或田間族群演變中，出現致病性與基因組變異的可能性 (Qin *et al.* 1998)。然由筆者的觀察，認為田間水稻稻熱病之發生與分布除受環境氣候條件 (如溫度、濕度) 的影響外，農民的田間管理操作亦大大左右病勢的發展。舉例來說，田間常可發現比鄰的兩塊田區，一塊稻熱病發病相當嚴重有如火燒，但相隔一條田埂的鄰田卻安然無恙。探究其原因，不乏肥料施用過量、栽培密度過高及錯失防治時機等因素，而與稻熱病菌菌株致病性的差異沒有全然的關係。

傳統稻熱病菌生理小種的判別方式，可能會受到多種因素影響，如鑑定時寄主植物的生理狀況、接種源的質與量、外界環境條件的變化等，且部分菌株在某些判別品種上呈現中等的致病反應，使寄主的抗感病表現難以判斷，判定結果也往往因研究者主觀認知的不同而出現差異 (Ling *et al.* 2004)。此外，台灣稻熱病菌生理小種的水稻判別品種有 16 種，為各國判別品種數目最多者，依各品種

對稻熱病菌菌株呈現之抗感病性進行排列組合，理論值可鑑別出 2 的 16 次方共 65,536 個不同之生理小種類型。依此數值推估，若每年菌株測定皆出現若干新的生理小種，數年後稻熱病菌的生理小種數目將難以估計。目前可行之策，僅能暫時藉由生理群來檢視田間稻熱病菌菌株間致病性的變化，以減少生理小種數目逐年增長之問題。然而國內至今尙無台灣 16 種水稻判別品種所含抗稻熱病基因之相關研究報告，依此系統判讀出之生理小種資料僅能與簡氏所建立的資料進行比較，瞭解現今田間稻熱病菌生理型與過往之差異，而無法進行更深入之探討。此外，現行田間栽植的水稻品種幾無利用此套品種作爲育種之親本材料，因此並無法將研究結果直接應用於田間防治工作，如提供農民有關利用對稻熱病菌抗病性較佳之水稻品種作爲輪作等相關資訊。目前已有許多研究顯示，稻熱病菌的無毒力基因 (*AVR*-gene) 與水稻抗病基因 (*R*-gene) 間的交互作用，符合 Flor 氏所提出的 gene for gene 學說 (Flor 1971; Silué *et al.* 1992; Valent & Chumley 1994)，從病害研究的觀點來看，長遠之計仍需重新建立一套以台灣水稻品種爲背景的單基因判別品種 (系)，透過單基因系統的檢測，建立台灣地區稻熱病菌菌株致病基因的分布架構，配合水稻品種所含抗稻熱病基因的資訊，以 gene for gene 學說的角度檢視田間病原菌致病族群的變動與田間病害發生的關聯性，應更有助於本病害發生的預測與抗病育種工作的進行。

引用文獻

Atkins, J. G., A. L. Robert, C. R. Adair, K. Goto, T. Kozaka, R. Yanagida, M. Yamada, and S. Matsumoto. 1967. An international set of rice varieties for differentiating races of *Piricularia oryzae*. Phytopathology 57:297–301.

Bonman, J. M., T. I. V. D. Dios, and M. M. Khin. 1986. Physiologic specialization of *Pyricularia oryzae* in the Philippines. Plant Dis. 70:767–769.

Chen, D. H., R. S. Zeigler, H. Leung, and R. J. Nelson. 1995. Population structure of *Pyricularia grisea* at two screening sites in the Philippines. Phytopathology 85:1011–1020.

Chien, C. C. 1971. Variation of rice blast fungus, *Pyricularia oryzae* Cav. p.11–30. *in*: Rice Diseases. (Chiu, R. J., ed.) Joint Commission on Rural Reconstruction Pub. Taipei. 372 pp. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. 1974. Studies on the physiologic races of rice blast fungus, *Pyricularia oryzae* Cav. J. Taiwan Agric. Res. 23:16–37. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. 1990a. Relationship between the changes of rice varieties and rice blast disease. p.47–61. *in*: Prediction of Rice Pests and Diseases - Rice Blast. TARI Special Publication No. 30. Taichung. 119 pp. (in Chinese)

Chien, C. C. 1990b. Studies on the physiologic races of rice blast fungus, *Pyricularia oryzae* Cav. p.63–74. *in*: Prediction of Rice Pests and Diseases - Rice Blast. TARI Special Publication No. 30. Taichung. (in Chinese)

Chien, C. C., S. Y. Lin, and S. C. Jong. 1963. Studies on the physiologic races of *Piricularia oryzae* Cav. (II). J. Taiwan Agric. Res. 12:29–39.

Correa-Victoria, F. J., and R. S. Zeigler. 1993. Pathogenic variability in *Pyricularia grisea* at a rice blast "hot spot" breeding site in eastern Colombia. Plant Dis. 77:1029–1035.

Couch, B. C. and L. M. Kohn. 2002. A multilocus gene genealogy concordant with host preference indicates segregation of a new species, *Magnaporthe oryzae*, from *M. grisea*. Mycologia 94:683–689.

Flor, H. H. 1971. Current status of the gene-for-gene concept. Annu. Rev. Phytopathol. 9:275–296.

Fukuta, Y., E. Araki, M. J. T. Yanoria, T. Imbe, H. Tsunematsu, H. Kato, L. A. Ebron, D. Mercado-Escueta, and G. S. Khush. 2004. Development of differential varieties for blast resistance in IRRI-Japan collaborative research project. p.229–233. *in*: Rice Blast: Interaction with Rice and Control. (Kawasaki, S., ed.) Kluwer Academic. Dordrecht. 302 pp.

Hajano, J., M. A. Pathan, Q. A. Rajput, and M. A. Lodhi. 2011. Rice blast-mycoflora, symptomatology and pathogenicity. IJAVMS 5:53–63.

Hashioka, Y. 1952. Annual and local variation of the varietal resistance of rice to the blast disease. J. Taiwan Agric. Res. 3:40–55.

Herdt, R. W. 1991. Research priorities for rice biotechnology. p.19–54. *in*: Rice Biotechnology. (Khush, G. S. and G. H. Toenniessen, eds.) CAB International. Wallingford. 320 pp.

Imbe, T., S. Oba, M. J. T. Yanoria, and H. Tsunematsu. 1997. A new gene for blast resistance in rice cultivar, IR24. Rice Genet. Newsl. 14:60–62.

Kang, S. and Y. H. Lee. 2000. Population structure and race variation of the rice blast fungus. Plant Pathol. J. 16:1–8.

Kobayashi, N., M. J. T. Yanoria, H. Tsunematsu, H. Kato, T. Imbe, and Y. Fukuta. 2007. Development of new sets of international standard differential varieties for blast resistance in rice (*Oryza sativa* L.). JARQ 41:31–37.

Lee, K., P. Singh, W. C. Chung, J. Ash, T. S. Kim, L. Hang, and S. Park. 2006. Light regulation of asexual development in the rice blast fungus, *Magnaporthe oryzae*. Fungal Genet. Biol. 43:694–706.

Levy, M., F. J. Correavictoria, R. S. Zeigler, S. Z. Xu, and J. E. Hamer. 1993. Genetic diversity of the rice blast fungus in a disease nursery in Colombia. Phytopathology 83:1427–1433.

Ling, Z. Z., C. L. Lei, and J. L. Wang. 2004. Review and prospect for study of physiologic races on rice blast fungus (*Pyricularia grisea*). Sci. Agric. Sin. 37:1849–1859.

Ou, S. H. 1971. A new approach to rice breeding for blast disease resistance. p.31–48. *in*: Rice Diseases. (Chiu, R. J., ed.) Joint Commission on Rural Reconstruction Pub. Taipei. 372 pp. (in Chinese with English abstract)

Ou, S. H. 1985. Blast. p.109–201. *in*: Rice Diseases. 2nd ed. (Ou, S. H., ed.) Commonwealth Mycological Institute. Kew. 380 pp.

Qin, M., Z. He, M. He, Y. Zhang, and Y. Wang. 1998. Studies on genetic variations of *Magnaporthe grisea* during successive asexual generations. J. Southwest Agric. Univ., China 20:508–511.

Sesma, A. and A. E. Osbourn. 2004. The rice leaf blast pathogen undergoes developmental processes typical of root-infecting fungi. Nature 431:582–586.

Silué, D., J. L. Notteghem, and D. Tharreau. 1992. Evidence of a gene-for-gene relationship in the *Oryza sativa-Magnaporrhe grisea* pathosystem. Phytopathology 82:577–580.

Telebanco-Yanoria, M. J., T. Imbe, H. Kato, H. Tsunematsu, L. A. Ebron, C. M. V. Cruz, N. Kobayashi, and Y. Fukuta. 2008. A set of standard differential blast isolates (*Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr.) from the Philippines for rice (*Oryza sativa* L.) resistance. JARQ 42:23–34.

Tsai, W. H. 2007. Rice blast disease. p.265–272. *in*: Picture Series of Plant Protection - 8. Rice Protection. (Cheng, C. H., ed.) Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine, COA. Taipei. 457 pp. (in Chinese)

Tsai, W. H. 2009. The review on the studies of rice blast. p.1–12. *in*: Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. July 9, 2009. Chiayi, Taiwan. Chia-Yi Agric. Exp. Stan., TARI, Chiayi. (in Chinese)

Tsai, W. H. and Y. C. Chang. 1992. Studies on the physiologic races change of rice blast fungus, *Magnaporthe oryzae*, in Taiwan. p.71. *in*: Annual Report of Taiwan Agricultural Research Institute. Taiwan Agric. Res. Inst. Taichung. 142 pp. (in Chunese)

Tsunematsu, H., M. J. T. Yanoria, L. A. Ebron, N. Hayashi, I. Ando, H. Kato, T. Imbe, and G. S. Khush. 2000. Development of monogenic lines of rice for blast resistance. Breed Sci. 50:229–234.

Valent, B. and F. G. Chumley. 1994. Avirulence genes and mechanisms of genetic instability in the rice blast fungus. p.111–134. *in*: Rice Blast Disease. (Zeigler, R. S., S. A. Leong, and P. S. Teng, eds.) CAB International. Wallingford. 626 pp.

Yamada, M., S. Kiyosawa, T. Yamaguchi, T. Hirano, T. Kobayashi, K. Kashibuchi, and S. Watanabe. 1976. Proposal of a new method for differentiating races of *Pyricularia oryzae* Cavara in Japan. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 42:216–219.

Studies on Physiological Races of *Magnaporthe oryzae*, Causal Agent of Rice Blast, in Taiwan

Yi-Nian Chen[1], Chun-Wei Chen[2], and Tsung-Chun Lin[1,*]

Abstract

Chen, Y. N., C. W. Chen, and T. C. Lin. 2013. Studies on physiological races of *Magnaporthe oryzae*, causal agent of rice blast, in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 62(1):40–56.

The objective of this study was to determine races of 114 isolates of *Magnaporthe oryzae* collected from diseased leaves of rice (*Oryza sativa*) grown in Taiwan in 2011. Diseased rice leaves were collected from 22 townships, including Miaoli, Taichung, Changhua, Nantou, Yunlin, Chiayi, Tainan, Kaohsiung and Pingtung Counties and lesions of each sample were isolated and purified by the single-spore isolation method. Each of the 114 isolates of *M. oryzae* was inoculated by spray on 16 varieties of rice, which were used as differential varieties. Based on rating of susceptibility of the 16 rice varieties to the pathogen at 7 days after inoculation, the disease reaction on each variety was compared to the 7 physiological groups reported in Taiwan previously. Results showed that, among 114 isolates tested, 89 isolates (78.1%) belonged to the six physiological groups (I, J, T, K, N, and A), among them 12 isolates were corresponding to the three previously reported races (race 1, race 2 and race 17); whereas the remaining 25 isolates (21.9%) were not in any of the previously reported physiological groups. However, none of the isolates examined in this study belonged to the P physiological group. Among the 89 isolates belonging to the six previously reported physiological groups, 35 isolates (30.7%) were in the K physiological group (the predominant group of *M. oryzae*), 29 isolates (25.4%) were in the I physiological group, and one isolate was in the J physiological group. The diversity of distribution of physiological types of *M. oryzae* isolates was the highest in samples from the Miaoli County with all the six physiological groups identified, followed by samples from Changhua, Nantou and Yunlin Counties with five physiological groups identified, and samples from Taichung, Tainan, and Pingtung Counties with four physiological groups identified. These results indicate that populations of *M. oryzae* are diversified in different rice production areas in Taiwan. In addition, the major physiological groups of *M. oryzae* were largely unchanged between isolates collected from the first crop season and the second crop season in samples from Taichung, Changhua, Nantou and Yunlin Counties. However, the physiological groups of the isolates from the first crop season and the second season were completely different in samples from Miaoli County. Among the 16 differential varieties of rice, the local bred Japonica variety, Kwang-fu No.1, was susceptible only to two of *M. oryzae* isolates (isolate HL2g2 and isolate ct1e3) and it was highly resistant to the other 112 isolates examined. This result suggests that Kwang-fu No.1 has potential for use in rice breeding programs for the development of new varieties with resistance to rice blast.

Key words: Rice, Rice blast disease, Physiological race, Physiological group, Differential variety.

Received: August 6, 2012; Accepted: January 3, 2013.

[*] Corresponding author, e-mail: tclin@tari.gov.tw
[1] Assistant Research Fellow, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
[2] Contract Assistant Research Fellow, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 62(1):57–70 (2013)
DOI:10.6156/JTAR.2013.06201.06

香椿與食茱萸苗木疫病

安寶貞 [1,*] 蔡志濃 [2] 王姻婷 [3]

摘要

安寶貞、蔡志濃、王姻婷。2013。香椿與食茱萸苗木疫病。台灣農業研究 62(1):57–70。

2006 年起發現多處地區的香椿 (*Cedrela sinensis*) 與食茱萸 (紅刺蔥) (*Zanthoxylum ailanthoides*) 苗木發生嚴重枯萎腐敗現象。香椿的罹病部位包括莖基部與根系；莖基部染病後，基部縊縮，繼而全株枯萎死亡，而在環境潮濕時，罹病部位長出白色霉狀物；根部染病時，根系壞疽且稀少，嚴重時地上部矮化黃葉，甚而全株死亡。食茱萸則全株可被感染，包括根、莖及葉片，被感染葉片初現淡褐色水浸狀圓形斑點，病斑面積迅速擴大轉為暗褐色，並提早落葉；莖部被感染時，新稍與主莖初現褐色病斑，而後擴大環繞莖部，造成頂芽與罹病處以上部位枯死；莖基部與根系的病徵則與香椿受害情形相似。罹病組織經分離，從香椿上獲得兩種疫病菌，分別為 *Phytophthora nicotianae* (*P. parasitica*) 與 *Phytophthora palmivora*，而食茱萸上分離到的疫病菌則全為 *P. nicotianae*。將分離到的疫病菌游走子懸浮液各自噴霧接種於兩種作物一年生幼苗上，2–3 d 後均會造成新稍褐變枯萎、葉片出現褐斑後掉落；接種莖基部時，10–14 d 則可造成組織縊縮與植株死亡；接種根部時，約 20–30 d 則可造成植株死亡；均與田間出現之病徵一致，並且自接種後發病的組織上均可回分到相同的疫病菌，證實香椿與食茱萸的莖、葉及根系腐敗係由疫病菌引起。兩種疫病菌均為典型 (typical type) 疫病菌，*P. nicotianae* 的菌絲生長溫度為 8–36℃，最適溫為 28℃；孢囊球形或橢圓形，具顯著乳突 (papilla) 及不脫落性；*P. palmivora* 的菌絲生長溫度為 12–35℃，最適溫亦為 28℃；孢囊橢圓形、檸檬形或卵圓形，具顯著乳突及脫落性，孢囊柄 (pedicels) 極短，在 5 µm 以下。兩種疫病菌均可形成厚膜孢子 (chlamydospores)。其中香椿分離的 *P. nicotianae* 為 2 株 A^1 配對型 (mating type)，而 *P. palmivora* 為 3 株 A^2 配對型；而食茱萸分離的 *P. nicotianae* 包括 7 株 A^1 與 4 株 A^2 配對型。利用分子序列特性，包括核糖體內轉錄區間 (ITS) DNA 序列與 β 微管蛋白 (β-tubulin) 部分基因序列分析，序列比對結果亦佐證傳統形態分類的正確性。本研究結果係疫病菌為害香椿與食茱萸的首度報導。

關鍵詞：香椿、食茱萸、疫病、*Phytophthora nicotianae*、*Phytophthora palmivora*。

前言

香椿 [*Cedrela sinensis*，英名 Chinese mahogany，爲楝科 (Meliaceae) 喬木] (Su 2005) 與食茱萸 (紅刺蔥) [*Zanthoxylum ailanthoides*，英名 Alianthus Prickly Ash，屬芸香科 (Rutaceae) 喬木] 均原產中國，目前在台灣零星栽培。該兩種作物被認爲屬於保健植物，而其嫩葉可作爲香料入菜食用。此兩種作物的病害紀錄甚少，在 2002 年出版的台灣植物病害名彙 (Tsu *et al.* 2002) 中僅記載香椿罹患灰黴病，食茱萸曾罹患兩種銹病與一種葉斑病。然而 2006 年起在嘉義縣義竹與新北市鶯歌地區發現香椿苗木發生嚴重枯萎死亡的情形，包括田間 3–5 年生的幼年樹與盆栽幼苗。此外，2006 年、2009 年及 2012 年另在彰化縣田尾地區發現食茱萸苗木出現頂稍枯萎與

投稿日期：2012 年 11 月 9 日；接受日期：2013 年 1 月 3 日。
[*] 通訊作者：pjann@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所植物病理組研究員兼組長。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所植物病理組副研究員。台灣 台中市。
[3] 農委會農業試驗所植物病理組研究助理。台灣 台中市。

全株落葉的情形。因此，進行病因探討與接種試驗，本文即報告香椿與食茱萸植株枯萎死亡之病因。

材料與方法

病菌之分離與保存

將罹病香椿與食茱萸植株採回，先將罹病組織洗淨、以舒潔紙巾瀝乾水分。將葉片與莖部上病斑與健康區間之組織切成 7 mm × 7 mm 小塊，新稍與根系組織切成 10 mm 長小片段，經 0.5% NaClO 溶液表面消毒 30 s，再以紙巾吸乾，移置於含有 20 mL 的 2% WA (water agar，水瓊脂) 之培養皿 (直徑 9 cm) 內，置於 24℃下，以分離可疑病原菌。因檢視罹病組織時，可以發現有疫病菌孢囊存在，因此同時將罹病組織置於分離疫病菌之 5% CVA (Clarified V-8 juice agar) 半選擇性培養基 (Ko *et al.* 1976) 上。半選擇性培養基的製作為先配製 5% CVA [5% Clarified V-8 juice agar，將 5% V-8 vegetable juice (Campbell Co., USA) 與 0.2% $CaCO_3$ 混合後，經 1,500 rpm 低速離心 5 min，取上層液，再加入 2% Bacto agar (Difco Co., USA)]，於滅菌後加入 ampicillin 100 ppm、PCNB (Penta-chloronitrobenzene) 10 ppm 及 mycostatin 50 ppm。經 24 h 後，即可見菌絲陸續自病組織長出。切取前端菌絲，移殖於新配製之 5% VA (5% V-8 vegetable juice agar，將 5% V-8 vegetable juice 與 0.02% $CaCO_3$ 混合後，加入 2% Bacto agar 後滅菌) 上。分離出之疫病菌 (表 1) 經單游走子分離後，再移殖於 5% VA 上，在 24℃下無光照培養 3–5 d，切取前端菌絲塊 (10 mm × 5 mm × 5 mm)，保存於 20–24℃下含無菌水之試管中 (Boesewinkel 1976)，供下列各項試驗用。

供試疫病菌菌株

供試菌株之資料列於表 1，包括自香椿莖基部分離之 5 支菌株 (TARI p26269-26270 及 TARI p26319-26321) 與自食茱萸新稍、葉片及根部分離之 10 支菌株 (TARI p26232-26234、TARI p29217-29220 及 TARI p212049-52)。其他菌株包括美國加州大學 Dr. G. A. Zentmyer 早年贈送的標準菌株 *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan (*Phytophthora parasitica* Dastur) A^1 菌株 (p991) 與 A^2 菌株 (p731)。

菌落形態觀察

將供試菌株於室溫 (24–28℃) 下培養於含有 5% CVA 與 PDA (馬鈴薯葡萄糖瓊脂，每公升培養基中含有 200 g 煮沸過、切碎、未去皮的馬鈴薯塊莖濾液、20 g glucose、2% Bacto agar) 的培養皿 (直徑 9 cm) 中培養 4–6 d。

表 1. 台灣香椿與食茱萸疫病菌的分離情形。

Table 1. *Phytophthora* species isolated from diseased plants of *Cedrela sinensis* and *Zanthoxylum ailanthoides* in Taiwan.

Name of host (Scientific name)	Infected tissue	*Phytophthora* species	Isolate no. & mating type	Location	Year of isolation
Chinese mahogany (*C. sinensis*)	Basal stem	*P. nicotianae*	TARI p26269-70 ($2A^1$) [z]	Yijhu, Chiayi	2006
Chinese mahogany (*C. sinensis*)	Root & whole plants	*P. palmivora*	TARI p26319-21 ($3A^2$)	Yingge, New Taipei City	2006
Alianthus prickly ash (*Z. ailanthoides*)	Young shoot & whole plants	*P. nicotianae*	TARI p26232-34 ($3A^1$)	Tianwei 1, Changhua	2006
Alianthus prickly ash (*Z. ailanthoides*)	Basal stem & whole plants	*P. nicotianae*	TARI p29217-20 ($4A^2$)	Tianwei 2, Changhua	2009
Alianthus prickly ash (*Z. ailanthoides*)	Leaves & whole plants	*P. nicotianae*	TARI p212049-52 ($4A^1$)	Tianwei 3, Changhua	2012

[z] Data in parenthesis refer to mating type.

疫病菌之產孢

孢囊之產生：將供試之香椿與食茱萸菌株先在 5% VA 上於 24℃下培養 3 d，再移至光照定溫箱內 (1,000–2,000 lux, 24℃) 1–4 d，每日鏡檢有無孢囊 (sporangia) 長出，以明瞭供試菌株在固態培養基上是否會產生孢囊；或等菌株生長 3–5 d 時，將先端的菌絲切成 5 mm × 5 mm × 3 mm 小塊，移植於含有 20 mL 無菌水的玻璃培養皿 (直徑 6 cm，Pyrex Co., USA) 中，再經光照處理。量取孢囊大小 (size) 與進行接種試驗時，則依 Hwang *et al.* (1976) 研發的方法，讓供試菌株產生大量孢囊。孢囊長出後，在顯微鏡下觀察與測量其大小，每菌株測量 100 個孢囊。

游走子釋放 (孢囊間接發芽)：菌株形成大量孢囊後，每皿加入 20 mL 無菌水，於 15℃下靜置 30 min，再放回室溫 30 min，大部分成熟之孢囊均會間接發芽釋放游走子 (zoospores)。將游走子懸浮液濃度調節成每毫升含有約 10^4 游走子，供接種試驗用。

配對型的測定與卵孢子的產生

配對型 (mating type) 測定：供試菌株先在新鮮 5% VA 上培養 3–5 d，將先端的菌絲部分切成 2 mm × 2 mm × 2 mm 小塊，移入含有 10 mL 新配製 10% VA 之培養皿 (直徑 6 cm，Pyrex Co., USA) 的中央，每皿放置單一菌株之菌絲塊 3–4 塊，在 24℃無光照培養 6–10 d。爾後，在顯微鏡下鏡檢有無卵孢子 (oospores) 產生，以判斷供試菌株是否屬同絲型 (homothallic)。如果單一菌株不會形成卵孢子，再依 Ann & Ko (1988) 開發的方法將供試菌株分別與標準菌株 (*P. nicotianae*) p991 (A^1) 和 p731 (A^2) 對峙培養，測定供試菌株的配對型。可與 A^1 配對產生卵孢子者為 A^2 型；可與 A^2 配對形成卵孢子者為 A^1 型。

卵孢子形成：利用 Ko 氏發展之夾膜 (nucleopore membrane) 方法，測定供試菌株是否會產生卵孢子及所屬之 Sexuality type (Ko 1978, 1980)。

菌絲生長與溫度之關係

配製 5% CVA 平板，每培養皿 (直徑 9 cm) 中含有 20 mL 培養基。供試菌株先在 5% VA 培養 3–5 d，將先端的菌絲部分切成 2 mm × 2 mm × 2 mm 小塊，移入含 5% CVA 培養皿的一端 (約距邊緣 1 cm)。溫度分成 8、12、16、20、24、28、29、30、31、32、35、36℃等 12 處理，自第 2 天開始每日測量菌絲的直線生長速率，至菌絲長滿培養皿或生長至第 10 天為止。每處理 2 皿，試驗重複一次。

病原性測定

接種源與供試植物：供試接種植物包括自市場購買之 3 個月至 1 年生左右之香椿 (青骨種) 與食茱萸幼苗。

接種方法與病害調查：分為全株接種、莖基部接種及根部接種等三種接種方式。(1) 全株接種：將幼苗以自來水沖洗乾淨後，再噴佈 70% 酒精，等風乾後，全株再噴佈游走子懸浮液，每株 10 mL。接種完畢後，以塑膠袋 (60 cm × 30 cm) 覆蓋植株保濕 48 h，置於溫室中 (24–28℃)。每供試菌株接種兩株幼苗，試驗重複一次。(2) 莖基部接種：將消毒棉纏繞在供試植株幼苗的莖基部，再將 1 mL 游走子懸浮液滴於莖基部上，接種植株同樣置於 24℃植物生長箱內。每 2 d 調查植株發病情形一次，至 30 d 為止。每供試菌株接種兩株幼苗，試驗重複一次。(3) 根部接種：將 3–6 個月大的扦插幼苗根部土壤輕輕去除後洗淨，浸於含有 200 mL 游走子懸浮液的 500 mL 玻璃燒杯中。玻璃燒杯放置於冰浴中保持游走子活性。24 h 後再將幼苗種回盆缽中，置於溫室內，觀察病害發生情形。

所有的對照處理均接種蒸餾水。接種植株發病後，並將罹病組織切下，以 0.5% NaClO 溶液表面消毒後放置於分離疫病菌之半選擇性培養基 (Hwang *et al.* 1976) 上分離病原菌，以確定香椿與食茱萸植株發病是否為接種菌株所引起，完成柯霍氏法則 (Koch's postulates)。

核醣體內轉錄區間 ITS1-5.8S rDNA-ITS2 與部分 *β*-tubulin 基因的 DNA 定序

DNA 備製：供試菌株於 5% VA 生長 3–5 d，切取菌落邊緣之新鮮菌絲塊 (*ca*. 3 mm × 3 mm × 2 mm)，接種於覆蓋一層玻璃紙的 5% VA 培養皿的中央，在 24℃ 培養 5–7 d 後，刮取玻璃紙上的菌絲，經冷凍乾燥後，保存於 -20℃ 下備用。將約 20 mg 冷凍乾燥的疫病菌菌絲置於研缽中，加入少許液態氮 (liquid nitrogen) 後磨成粉末。依照製造商的操作步驟 (the manufacturer's protocol)，利用 Genomic DNA Purification Kit (GeneMark Technology Co., Taichung, Taiwan) 抽取疫病菌的 DNA。

PCR 聚合酶連鎖反應與 DNA 定序 (sequencing)：核醣體內轉錄區間 [ribosomal internal transcribed spacer (ITS) regions] 的 DNA 序列，包括 ITS1 與 ITS2 非轉錄 (non-coding) 區間、5.8S rRNA 基因，及部分 18S rRNA 基因與 28S rRNA 基因序列，以供試菌株 genomic DNA 爲模板 (templates)，利用通用引子對 (the universal primers) ITS5 (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3') (正向) 與 ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') (反向) (White *et al.* 1990) 進行 PCR 反應放大。而分析 *β*-tubulin 區間 (660 bp) 的部分基因序列，則利用 Villa *et al.* (2006) 開發的引子對 BT5 (5'-GTATCATGTGCACGTACTCGG-3') (正向) 與 BT6 (5'-CAAGAAAGCCTTACGACGGA-3') (反向) 進行 PCR 反應。將 PCR 反應後的 DNA 產物直接定序 (direct sequencing)，此部分則委託昕穎生物科技公司 (The Seeing Bioscience Company, Taipei, Taiwan) 進行。定序 ITS1-5.8S rDNA-ITS2 區域時，使用的引子對包括 ITS5、ITS4、5.8S2-1 (5'-TCGCACATCGATGAAGAACG-3') (正向) 及 5.8S2-2 (5'-TACGGACACTGATACAGGCAT-3') (反向)；而定序 *β*-tubulin 的部分基因序列時，使用的引子對則爲 BT5 與 BT6。

DNA 序列的接合 (assembly) 與 GenBank 資料庫搜尋：利用 Vector NTI 軟體 (Vector NTI software v. 10.0, InforMax Inc., USA) 工具將上述獲得的 ITS1-5.8S rDNA-ITS2 區間與部分 *β*-tubulin 基因序列分別經由接合 (contingent) 與修剪 (trimming) 後獲得完整序列，而多型部位 (polymorphic portions) 則依照 IUPAC ambiguity codes 予以標示。定序後的疫病菌 DNA 序列則直接上載到 NCBI (http://www.ncbi.nlm.nih.gov) 網站，利用 BLAST 軟體從 GenBank database 資料庫中尋找最相近的疫病菌 (species) 與菌株。此外，並將具代表性的疫病菌 DNA 序列登錄在 GenBank database 資料庫中。

疫病菌之鑑定

形態、生理特性比較：依據供試菌株之菌落形態、孢囊與卵孢子之形成條件、孢囊與卵孢子之形態與大小、厚膜孢子 (chlamydospores) 形成與否與大小、菌絲生長所需的溫度條件，再依疫病菌之分類文獻 (Waterhouse 1963, 1970; Stamp *et al.* 1990)，予以鑑定之。同時上 NCBI 網站，比對核醣體內轉錄區間 (ITS1-5.8S rDNA-ITS2) 與部分 *β*-tubulin 基因的 DNA 序列，尋找最相近的疫病菌與菌株。

結果

罹病香椿之病徵、可疑病菌的分離及形態與生理特性之測定

2006 年嘉義縣義竹地區 3–5 年生香椿苗木出現地際部隘縮與植株嚴重枯萎腐敗現象 (圖 1A)，樹葉黃化掉落，削開地際部樹皮，可見組織褐變；從罹病莖基部共分得 2 株疫病菌 (表 1)。而新北市鶯歌地區的育苗場，一年生盆栽香椿幼苗則出現生長衰弱、葉片黃化的情形 (圖 1B)。嚴重罹病者，挖開土壤，可見根系壞疽且稀少。從罹病根系上共分得 3 株疫病菌 (表 1)。

依分離菌株的形態與生理特性的差異，可將香椿分離之 5 株疫病菌區別成兩類，其中從嘉義縣義竹分離的 2 個菌株 (p26269–70)

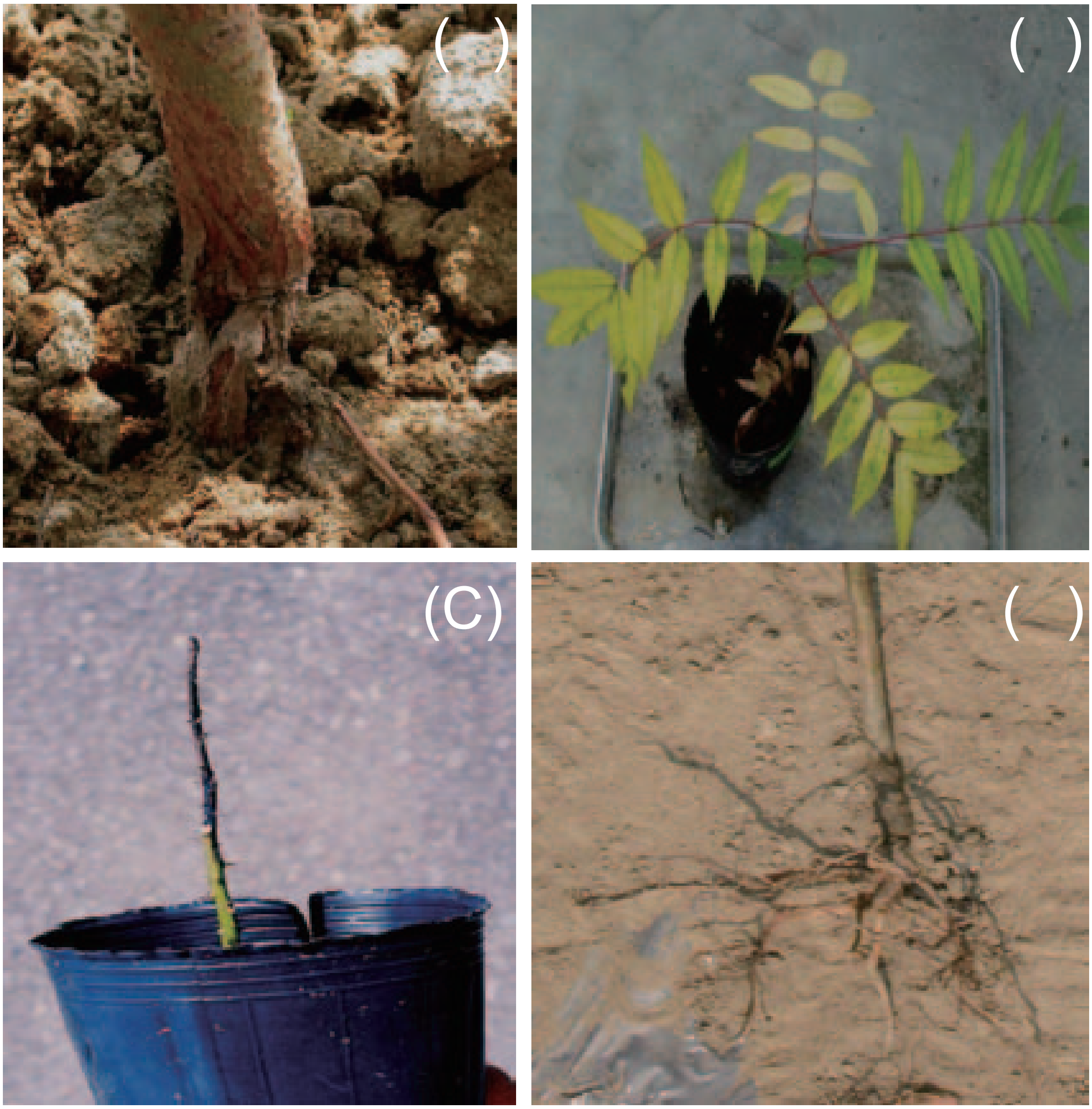


圖 1. 香椿與食茱萸罹患疫病的病徵。*Phytophthora nicotianae* 爲害香椿莖基部，造成莖基部隘縮 (A)；*Phytophthora palmivora* 爲害香椿根系，造成地上部葉片黃化，生長不良 (B)；*P. nicotianae* 爲害食茱萸地上部葉片與新梢，造成新梢枯萎與完全落葉 (C)；及 *P. nicotianae* 爲害食茱萸根系，造成嚴重根腐 (D)。

Fig. 1. Symptoms of Phytophthora diseases of *Cedrela sinensis* (A, B) and *Zanthoxylum ailanthoides* (C, D). Note *Phytophthora nicotianae* caused basal stem rot of *C. sinensis* (A) and *Phytophthora palmivora* attacked the root system of *C. sinensis*, causing leaf yellowing and drooping (B). *P. nicotianae* attacked the young shoots and leaves of *Z. ailanthoides*, causing shoot blight and leaf falling prematurely (C), and it attacked root system, causing root rot and necrosis (D).

屬一類，而從新北市鶯歌分離的 3 個菌株 (p26319–21) 屬另一類。義竹菌株於室溫下 (24–28℃) 在 5% CVA 上生長形成嵌紋狀花紋，氣生菌絲稀少 (圖 2A)。該類菌在 5% VA 上偶而會形成少數孢囊；但將新鮮菌絲塊切下置於無菌水中光照，或以礦物鹽液漂洗處理後 (Hwang *et al.* 1976)，則可形成大量孢囊。孢囊在孢囊梗上的著生方式爲單假軸式

(simple sympodium)，每一孢囊梗 (sporangiophore) 可著生 3–8 個孢囊。孢囊成球形、橄欖形或檸檬形 (圖 2C、D)，兩側不對稱；孢囊具顯著半球型乳突 (papilla) (圖 2D)，有 5–10% 孢囊有 2 個乳突，偶而亦有 3 個乳突者。孢囊不具脫落性。供試菌株 p26269 的孢囊大小平均為 45-(54.0)-65 µm × 40-(43.6)-50 µm，孢囊長寬比平均為 1.1-(1.24)-1.38 (表 2)。該類菌可產生厚膜孢子，孢子大小 25-(37.0)-50 µm。該類菌株在單獨培養時不形成卵孢子，但與 *P. nicotianae* A^2 菌株 P731 對峙培養後會產生卵孢子，因此均為 A^1 配對型。當利用夾膜法 (Ko 1978)，將義竹菌株與 A^2 配對型之標準菌株對峙培養後，被測試菌株均會自己產生卵孢子 (selfing oospores)。因此供試菌株屬 sexuality type S^1 (可刺激 A^2 菌株，及被 A^2 菌株刺激以形成卵孢子) (Ko 1980)。義竹菌株的藏卵器 (oogonia) 表面平滑，卵孢子為非充實性，藏精器 (antheridia) 單生單室底著，供試菌株 p26269 的藏卵器大小為 22.5-(27.0)-30 µm；卵孢子大小為 20-(23.2)-27.5 µm；藏精器大小為 10-(11.63)-15 µm × 11.3-(13.1)-15 µm (圖 2E) (表 3)。菌絲可在 8–36℃生長，最適生長溫度為 28℃ (圖 3)。

從鶯歌分離的 3 株疫病菌在 5% CVA 上菌落形態略具放射狀，在 PDA 上則呈現不明顯花紋，有少許氣生菌絲 (圖 2B)。該類菌在 5% VA 上會形成孢囊，與義竹菌株相比，產

表 2.　台灣香椿與食茱萸疫病菌的孢囊與厚膜孢子大小。

Table 2.　Size of sporangia and chlamydospores of the *Phytophthora* isolates from *Cedrela sinensis* and *Zanthoxylum ailanthoides* in Taiwan.

Phytophthora species & isolate	Host	Sporangia Length × Width (µm)	Sporangia Length/Width (ratio)	Pedicel (µm)	Chlamydospore (µm)
P. nicotianae, p26269	*C. sinensis*	45-(54.0) [z]-65 × 40-(43.6)-50	1.1-(1.24)-1.38	No [y]	25-(37.0)-50
P. palmivora, p26320	*C. sinensis*	50-(59.4)-70 × 30-(35.2)-40	1.5-(1.63)-1.86	0.5-(1.2)-3.5	30-(40.0)-50
P. nicotianae, p26232	*Z. ailanthoides*	40-(47.0)-55 × 35-(38.3)-45	1.13-(1.23)-1.43	No	30-(38.5)-50
P. nicotianae, p29217	*Z. ailanthoides*	42.5-(51.8)-60 × 35-(39.3)-45	1.21-(1.31)-1.5	No	32.5-(41.0)-50

[z] Data in parenthesis refer to means.
[y] No: sporangia are non-deciduous.

表 3.　台灣香椿與食茱萸疫病菌的有性世代器官的大小。

Table 3.　Size of sexual organs of the *Phytophthora* isolates obtained from *Cedrela sinensis* and *Zanthoxylum ailanthoides* in Taiwan.

Phytophthora species & isolate	Host	Diameter (µm) Oogonia	Diameter (µm) Oospore	Antheridia Length × Width (µm)
P. nicotianae, p26269	*C. sinensis*	22.5-(27.0) [z]-30	20-(23.2)-27.5	10-(11.6)-15 × 11.3-(13.1)-15
P. palmivora, p26320	*C. sinensis*	25-(28.8)-32.5	22.5-(24.3)-27.5	10-(15.3)-20 × 12.5-(13.5)-17.5
P. nicotianae, p26232	*Z. ailanthoides*	22.5-(28.3)-33	18.8-(24.3)-28.8	7.3-(11.3)-15 × 11.3-(13.8)-15
P. nicotianae, p29217	*Z. ailanthoides*	23.8-(29.5)-35	21.3-(25.5)-30	6.3-(9.8)-15 × 10-(13.8)-17.5

[z] Data in parenthesis refer to means.

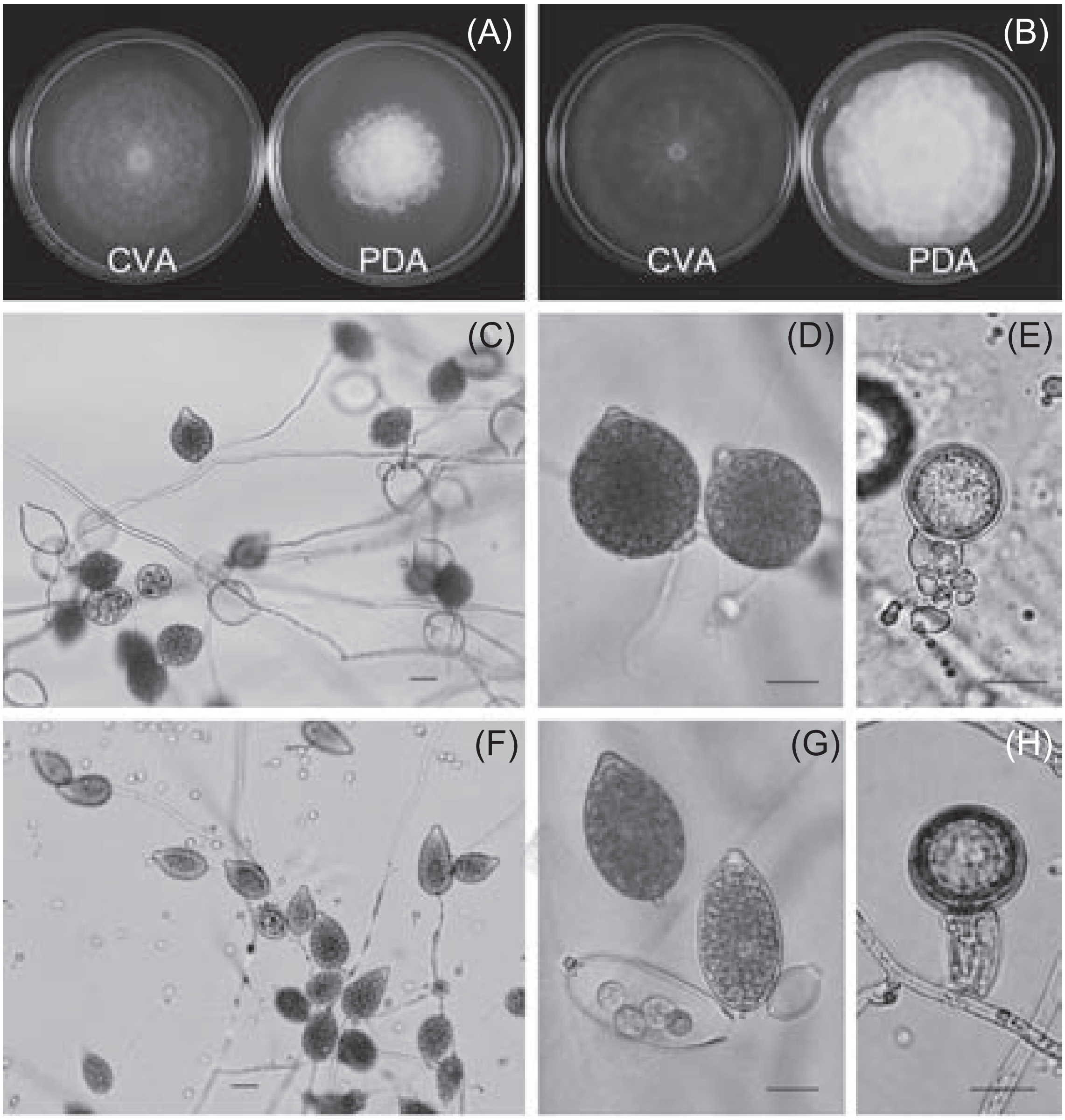


圖 2. 為害香椿的疫病菌 *Phytophthora nicotianae* p26269 (A、C、D、E) 與 *Phytophthora palmivora* p26320 (B、F、G、H) 之形態特性。在 24℃下生長 5 d 的菌落形態 (A、B)；孢囊 (C、F)、孢囊近照 (D、G) 及卵孢子、藏卵器及藏精器 (E、H)。

Fig. 2. *Phytophthora nicotianae* isolate p26269 (A, C, D, E) and *Phytophthora palmivora* isolate p26320 (B, F, G, H) from infected *Cedrela sinensis*. Colony morphology of *P. nicotianae* on CVA (A, left dish) and PDA (A, right dish) and *P. palmivora* on CVA (B, left dish) and PDA (B, right dish). Cultures were incubated at 24℃ for 5 d. Note morphology of sporangia (C, D) and oospore (E) of *P. nicotianae* and sporangia (F, G) and oospore (H) of *P. palmivora*. Bar = 20 μm.

孢相對較多；但菌絲塊在無菌水中光照時或以礦物鹽液漂洗處理後 (Hwang *et al.* 1976)，則可形成更大量孢囊。孢囊著生為單假軸式，每一孢囊梗可著生 5–12 個孢囊 (圖 2F)。孢囊為橢圓形、橄欖形或檸檬形，兩側大致對稱 (圖 2G)；孢囊亦具顯著的半球型乳突 (圖

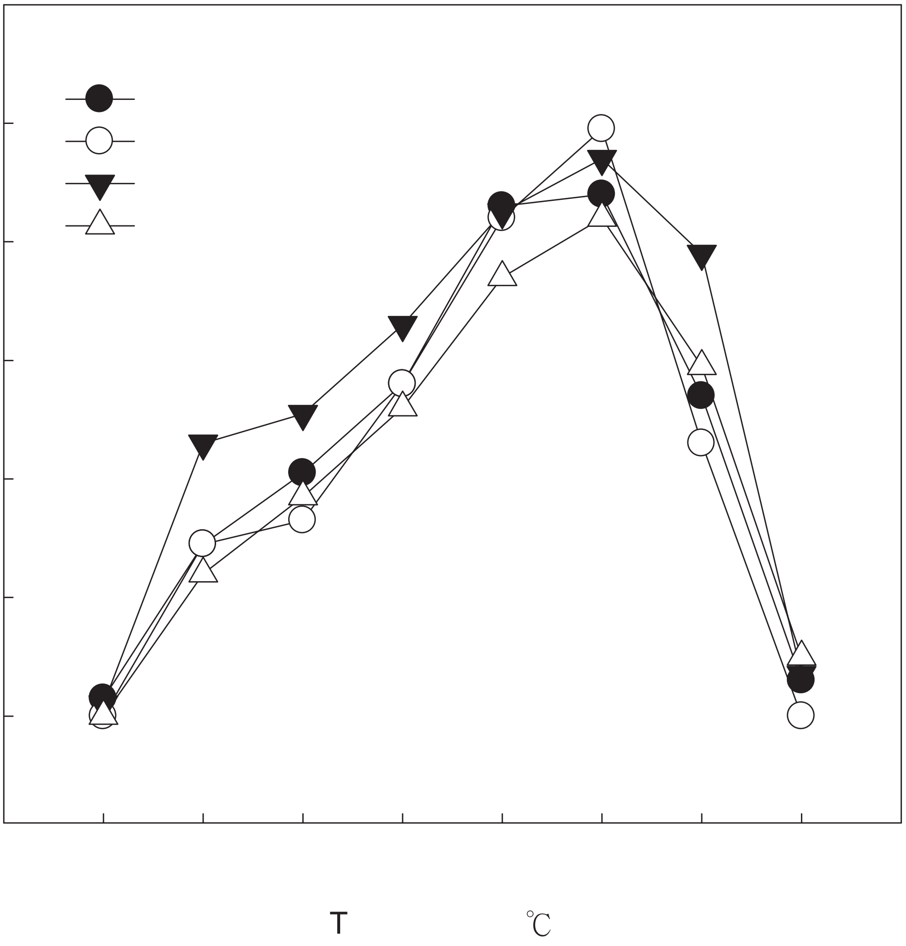


圖 3.　香椿與食茱萸疫病菌菌絲在不同溫度下之直線生長情形。供試疫病菌：香椿菌株 *Phytophthora nicotianae* p26269 與 *Phytophthora palmivora* p26320；食茱萸菌株：*P. nicotianae* p26232 (A^1) 與 p29217 (A^2)。

Fig. 3.　Effect of temperature on mycelial growth of *Phytophthora nicotianae* p26269 and *P. palmivora* p26320 from *Cedrela sinensis* and *P. nicotianae* p26232 (A^1) and p29217 (A^2) from *Zanthoxylum ailanthoides*. Cultures were grown on 5% cleared V-8 juice agar in Petri dishes for 5–10 d.

2G)。孢囊脫落性，脫落率 100%，脫落的孢囊具甚短的孢囊柄 (pedicels)，長度 0.5-(1.2)-3.5 μm。供試菌株 p26320 的孢囊大小爲 50-(59.4)-70 μm × 30-(35.2)-40 μm，孢囊長寬比平均爲 1.5-(1.63)-1.86 (表 2)。鶯歌菌株可產生厚膜孢子，孢子大小 30-(40.0)-50 μm。鶯歌菌株在單獨培養時亦不形成卵孢子，但與 *P. nicotianae* A^1 菌株 P991 對峙培養後會產生卵孢子，因此均爲 A^2 配對型。當利用夾膜法 (Ko 1978)，將義竹菌株與 A^1 配對型之標準菌株對峙培養後，測試菌株均會產生卵孢子。因此供試菌株 p26320 屬 sexuality type S^4 (可刺激 A^1 菌株，及被 A^1 菌株刺激以形成卵孢子) (Ko 1980)。鶯歌菌株 p26320 的藏卵器表面平滑，卵孢子爲非充實性，藏精器單生單室底著，供試菌株 p26320 的藏卵器大小爲 25-(28.8)-32.5 μm；卵孢子大小爲 22.5-(24.3)-27.5 μm；藏精器大小爲 10-(15.3)-20 μm × 12.5-(13.5)-17.5 μm (圖 2H) (表 3)。菌絲可在 12–35℃生長，最適生長溫度爲 28℃ (圖 3)。

罹病食茱萸之病徵、可疑病菌的分離及形態特性之測定

在彰化縣田尾分別於 2006、2009 及 2012 年在 3 處不同的苗圃觀察到食茱萸罹病情形，罹病部位包括根、莖及葉片，葉片初現淡褐色水浸狀圓形斑點，病斑面積迅速擴大轉爲暗褐色，並提早落葉；莖部包括新稍、主莖及莖基部均可被感染，初現褐色病斑，而後擴大環繞莖部，造成頂芽與染病處以上部位枯死 (圖 1C)；莖基部染病後，基部隘縮，繼而全株枯萎死亡；環境潮濕時，罹病部位會長出白色霉狀物；根部染病時，根系壞疽且稀少 (圖 1D)，嚴重時地上部矮化黃葉，甚而全株死亡。自罹病組織共分離到 11 株疫病菌，包括p26232-34、p29217-20及p212049-52 (表1)。

所有自食茱萸分離的疫病菌均爲同一類型，其形態與生理特性與嘉義縣義竹香椿上分離的疫病菌相似。所有菌株於室溫下在 5% CVA 上生長形成之菌落均具有嵌紋狀花紋，氣生菌絲非常稀少。在 5% VA 上會形成少數孢囊，但菌絲塊在水中或經礦物鹽液漂洗後 (Hwang *et al.* 1976) 可形成大量孢囊。孢囊單假軸式著生，形態球形、橄欖形或檸檬形，兩側不對稱；孢囊具顯著半球型乳突，部分孢囊有 2 個乳突，偶而亦有 3 個乳突者。孢囊不具脫落性。供試菌株 p26232 的孢囊大小爲 40-(47.0)-55 µm × 35-(38.3)-45 µm，孢囊長寬比爲 1.13-(1.23)-1.43 µm (表 2)。該類菌可產生厚膜孢子，孢子大小 30-(38.5)-50 µm (表 2)。食茱萸菌株在單獨培養時不形成卵孢子，但有 7 菌株與 *P. nicotianae* A^2 菌株 P731 對峙培養後會產生卵孢子，爲 A^1 配對型；而有 4 菌株與 P991 (A^1 菌株) 配對時會形成卵孢子，爲 A^2 配對型。當利用夾膜法 (Ko 1978)，將 A^1 菌株 p26232 與 A^2 配對型之標準菌株對峙培養，或 A^2 菌株 p29217 與 A^1 配對型之標準菌株配對後，測試菌株均會自己產生卵孢子。因此供試菌株 p26232 (A^1) 屬 sexuality type S^1 (可刺激 A^2 菌株，及被 A^2 菌株刺激以形成卵孢子)，而供試菌株 p29217 (A^2) 屬 sexuality type S^4 (可刺激 A^1 菌株，及被 A^1 菌株刺激以形成卵孢子) (Ko 1980)。所有供試菌株產生的藏卵器表面平滑，卵孢子爲非充實性，藏精器單生單室底著，供試菌株 p26232 (A^1) 與 p29217(A^2) 的藏卵器大小分別爲 22.5-(28.3)-33 µm (A^1) 與 23.8-(29.5)-35 µm (A^2)；卵孢子大小分別爲 18.8-(24.3)-28.8 µm (A^1) 與 21.3-(25.5)-30.0 µm (A^2)；藏精器大小分別爲 7.3-(11.3)-15 µm × 11.3-(13.8)-15.0 µm (A^1) 與 6.3-(9.8)-15.0 µm × 10.0-(13.8)-17.5 µm (A^2) (表 3)。菌絲可在 8–36℃生長，最適生長溫度爲 28℃ (圖 3)。

疫病菌之病原性測定

將自義竹香椿分離到的供試疫病菌菌株 p26269 的游走子懸浮液 (每 mL 約含 10^4 zoospores) 接種於一年生香椿幼苗莖基部時，約 10–14 d 後植株開始出現萎凋病徵，接種處的組織褐變隘縮，與田間出現的病徵相同；而鶯歌菌株 p26320 接種於根系時，約 20–30 d 後可以造成植株萎凋與葉片黃化掉落，亦與田間病徵相同。相同的疫病菌可自發病的莖基部與根系分離得到，而對照處理於試驗期間並無腐敗情形發生，證實香椿苗木病害係因感染該兩種疫病菌所致。此外，以噴霧法接種游走子懸浮液於香椿幼苗時，兩種疫病菌均可造成葉片與莖部出現褐色斑點，罹病葉片在 3–5 d 內黃化後掉落。

將自食茱萸分離的到的疫病菌菌株 p26232 與 p29217 以噴霧接種法接種於一年生食茱萸幼苗後，約 2 d 後葉片與莖部開始出現病斑，與田間出現之病徵完全相同。當接種於莖基部時，約 7–10 d 後莖基部開始褐變與隘縮，10–14 d 後植株開始黃化落葉，20–30 d 後全株死亡。無論 A^1 或 A^2 菌株均可誘發病害。將接種後發病之病斑切下消毒後，可以分離獲得相同的接種病菌，證實食茱萸苗木病害係因罹患疫病所致。

此外，自香椿分離的疫病菌菌株 p26269 可以感染食茱萸，而爲害食茱萸的疫病菌 p26232 亦可爲害香椿，造成葉片枯萎與植株死亡 (資料未顯示)。

引起香椿與食茱萸 Phytophthora 之傳統鑑定

經比對 Waterhouse (1963, 1970)、Stamp *et al.* (1990) 的分類文獻，由菌落形態，孢囊著生方式與形態，及孢囊脫落性等特徵，顯示自香椿分離的義竹疫病菌 p26269–70 屬於 group II，鑑定為 *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan；自新北市鶯歌分離的香椿疫病菌 p26319–21 亦屬於 group II，鑑定為 *Pytophthora palmivora* (Butler) Butler。而自食茱萸分離得到的所有 14 株疫病菌均為 *P. nicotianae*。

核醣體內轉錄區間 ITS1-5.8S rDNA-ITS2 與部分 β-tubulin 基因的 DNA 定序

從台灣香椿與食茱萸分離得到的 4 個代表性的疫病菌菌株 [香椿菌株 *P. nicotianae* p26269 (A^1) 與 *P. palmivora* p26320 (A^2)，及食茱萸菌株 *P. nicotianae* p26232 (A^1) 與 p29217(A^2)] 進行 ITS1-5.8S rDNA-ITS2 (簡稱 ITS) 與部分 β-tubulin 基因的 DNA 序列定序與分析。結果這 4 個疫病菌的 ITS 全長 DNA 序列分別為 803 bp、786 bp、803 bp 及 803 bp (表 4)，其中 p26269、p26232 及 p29217 三菌株依傳統分類鑑定為 *P. nicotianae* 的 ITS 序列完全相同。此外，將不相同的基因序列均上傳到 NCBI 網站，利用 BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) 搜尋軟體與 GenBank 資訊庫收錄的 DNA 序列進行比對，所獲得最接近序列的登錄號列於表 4 中。結果顯示，其中 p26269 (A^1)、p26232 (A^1) 及 p29217 (A^2) 最相近的菌種為 *P. nicotianae*，相似度達 100%；而 p26320 (A^2) 最相近的菌則為 *P. palmivora*，相似度亦達 100%。而利用 BT5 與 BT6 這一組引子對分析 4 個疫病菌菌株的部分 β-tubulin 基因序列長度均為 660 bp (表 4)。BLAST 搜尋結果顯示，供試菌株無論是 *P. nicotianae* 或 *P. palmivora* 均與 GenBank 資訊庫中收錄最接近疫病菌菌株的部分 β-tubulin 基因的 DNA 序列相近度 (identities) 分別高達

表 4. 台灣香椿與食茱萸疫病菌 ITS1-5.8 S rDNA-ITS2 區間與部分 β-tubulin 基因之 DNA 序列在 GenBank 登錄與資訊庫搜尋比對情形。

Table 4. The GenBank accession number and BLAST searching results of nucleotide sequence of ITS1-5.8S rDNA-ITS2 (ITS) region and partial β-tubulin gene of *Phytophthora* isolates from *Cedrela sinensis* and *Zanthoxylum ailanthoides* in Taiwan [z].

				BLAST searching [y]	
Phytophthora species, isolate & host	DNA sequence	Length (bp)	GenBank accession no.	GenBank best hits (accession no. and species)	Identity (%) (identical bp no./ total bp no.)
P. nicotianae, p26269, *C. sinensis*	ITS	803	JX465721	JF79254.1, *P. nicotianae*	100 (803/803)
P. palmivora, p26320, *C. sinensis*	ITS	786	Gu111655.1	HE580280.1, *P. palmivora*	100 (786/786)
P. nicotianae, p26232, *Z. ailanthoides*	ITS	803	Identical to p26269		
P. nicotianae, p29217, *Z. ailanthoides*	ITS	803	Identical to p26269		
P. nicotianae, p26269, *C. sinensis*	Partial β-tubulin	660	JX465719	GU931703.1, *P. nicotianae*	100 (660/660)
P. palmivora, p26320, *C. sinensis*	Partial β-tubulin	660	JX465720	EU080465, *P. palmivora*	98.94–99.85 (653–659/660)

[z] The sequences of the partial β-tubulin gene of *Phytophthora* were amplified by the forward primer BT5 and the reverse primer BT6 developed by Villa *et al.* (2006).

[y] The sequences were uploaded directly to NCBI (http://www.ncbi.nlm.nih.gov) and compared with sequences in GenBank databases using BLAST software.

100% 與 98.94% 以上 (表 4)。其中 p26269 (A^1) 最相近的菌為 *P. nicotianae*；而 p26320 (A^2) 最相近的菌則為 *P. palmivora*。此外，將不同 ITS 與部分 β-tubulin 基因序列的資訊登錄於 GenBank 資料庫中，並將登錄號列於表四中。本試驗結果顯示 *P. nicotianae* 與 *P. pamivora* 基因序列的比對結果支持形態鑑定的可信度。

討論

搜尋國內外文獻，並無疫病菌為害香椿或食茱萸的記錄，本文為首度正式報告香椿與食茱萸罹患疫病，其中 *P. nicotianae* (*P. parasitica*) 與 *P. palmivora* 為害香椿，而 *P. nicotianae* 為害食茱萸。在國際間，*P. nicotianae* 與 *P. palmivora* 為非常重要的疫病菌 (Erwin & Ribeiro 1996)，依據 "Fungal Databases, Systematic Mycology and Microbiology Laboratory" (http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/index.cfm) 記錄，前者的寄主植物目前有 890 種之多，而後者亦涵括 374 種植物。在台灣，*P. nicotianae* 與 *P. palmivora* 為最常見的兩種疫病菌 (Ho *et al.* 1995)，依據作者的分離與目前統計資料，*P. nicoctianae* 的寄主範圍包括 93 屬 (genus) 113 種 (species) 植物 (Ann unpublished data)，它主要為害果樹 (柑橘、鳳梨、百香果、落神葵)、蔬菜 (洋蔥、青蔥、茄子果實) 及花卉 (日日春、蘭花、百合、康乃馨、滿天星、椒草、口紅花、白鶴芋及多種草花) (Ho *et al.* 1995; Tsu *et al.* 2002; Ann unpublished data)；而 *P. palmivora* 為害 33 屬 46 種植物 (Ann unpublished data)，主要的寄主包括果樹 (柑橘、木瓜) 與花卉 (蘭花、常春藤、馬拉巴栗) (Ho *et al.* 1995; Tsu *et al.* 2002; Ann unpublished data)，對作物的經濟為害非常大。

比較 *P. nicotianae* 與 *P. palmivora* 兩種疫病菌的形態與生理特性，顯示兩者相似與重疊之處甚多，區別不易。兩種疫病菌均屬 Waterhouse (1963) 分類系統中之 group II [包括 Stamp *et al.* (1990) 之分類系統]，兩者的孢囊均具有半球形的明顯乳突，均會形成厚膜孢子；兩者如果形成有性世代，藏精器均為單生單室底著，且藏卵器、卵孢子及藏精器的大小亦相近，單以有性世代器官無法區分該兩菌。此外，兩者均屬於高溫菌，*P. nicotianae* 的菌絲生長溫度的最低、最高與最適值分別為 8–12℃、36–37℃與 28–32℃；而 *P. palmivora* 則為 8–12℃、35℃與 28–32℃，兩者之重疊性非常高。但該兩菌亦有相異之處，可用於種間 (interspecies) 的區別，主要差別則為：(1) 孢囊的脫落性：典型 (typical) *P. palmivora* 的孢囊脫落性為 100%，脫落的孢囊具有極短的孢囊梗，長度在 5 μm 以下，鶯歌香椿疫病菌的孢囊具脫落性；而典型 *P. nicotianae* 的孢囊甚少脫落或完全不脫落，義竹香椿疫病菌與食茱萸疫病菌的孢囊不具脫落性。因而，本試驗分離的兩種疫病菌可以該特徵予以區別。(2) 孢囊長寬比值 (L/B)：典型 *P. palmivora* 的孢囊橢圓形，兩側對稱，孢囊為較狹長，L/B 值大於 1.4，鶯歌香椿疫病菌的 L/B 平均值為 1.63；而典型 *P. nicotianae* 的孢囊近似球形，兩側不對稱，孢囊較寬，L/B 值小於 1.4，一般為 1.2–1.3，義竹香椿與食茱萸疫病菌的 L/B 平均值為 1.23–1.31，兩者亦容易區別。但該特性有時亦有重疊的情形發生，不能單憑該特性來區分該兩種疫病菌。(3) 菌落形態：兩種疫病菌之菌落形態亦有明顯差異，典型 *P. nicotianae* 培養在 5% CVA 上時，其形成之菌落均具有嵌紋狀花紋 (mosaic pattern)，而 *P. palmivora* 或其他疫病菌則無此種特性。比較自台灣分離的香椿疫病菌或食茱萸疫病菌，均為典型的 *P. nicotianae* 與 *P. palmivora*，因此可藉由上述三種特性予以區分。

疫病菌的分類鑑定，原以傳統的形態特性為主要分種的依據 (Waterhouse 1963, 1970; Stamp *et al.* 1990)，但近年來開發的分子生物特性亦為經常用於分類鑑定的輔助依據，更由於 DNA 基因定序技術的突飛猛進，疫病菌的有效種已由 Erwin & Ribeiro (1996) 時代的 64 種 (species) 增加到目前的 100 餘種

(Hansen *et al.* 2012)，而且新種仍在不斷增加中。在 *Phytophthora* 的分子分類上，Cooke & Duncan (1997) 發現核醣體內轉錄區間的非轉錄區域 (non-coding internal transcribed spacer regions) ITS1 與 ITS2 在種內 (intra-species) 具有相當的保守性 (conserved)，而在大部分種間 (inter-species) 具有相對較高的變異性，因此可以用於分種依據的參考。而 Cooke *et al.* (2000) 也認爲分析 ITS 區間的 DNA 序列爲研究疫病菌種間差異的有效工具之一。此外在疫病菌分子分類分析上，β-微管蛋白 (β-tubulin) 的基因序列亦具有相當的保守性，因此利用引子對 BT5 與 BT6 來放大 β-微管蛋白的部分基因序列，亦可用於腐霉菌 (*Pythium*) 與 *Phytophthora* 屬間與種間的的親緣關係 (phylogenetic relationships) 分析 (Villa *et al.* 2006)。目前，NCBI 網站的 GenBank 資訊庫 (database) 已經收錄相當豐富的疫病菌分子生物資料，尤其是 ITS 區域可以有效的協助部分疫病菌的分類鑑定。在本試驗中，從香椿與食茱萸分離的 *P. nicotianae* 與 *P. palmivora* 無論在傳統的形態特性分類上，或利用 ITS 區域與部分 β-tubulin 基因 DNA 序列的分子生物特性上，兩者的分類結果均非常一致。而且吾人試驗菌株的的 DNA 序列 (包括 ITS1-5.8S rDNA-ITS2 區域或是部分 β-tubulin 基因) (表 4) 與 GenBank 資訊庫中搜尋的最靠近疫病菌菌株的 DNA 序列的近似度 (identities) 均達到 98.9–100%。本試驗結果顯示，ITS 區域與部分 β-tubulin 基因的 DNA 序列可以有效的輔助鑑定 *P. nicotianae* 與 *P. palmivora* 兩種疫病菌。

誌謝

本文承蒙行政院農業委員會科技計畫 [95 農科 -13.2.1- 農 -C5(1)] 補助試驗經費及黃鴻章教授修正英文，謹此誌謝。

引用文獻

Ann, P. J. and W. H. Ko. 1988. Hormonal heterothallism in *Phytophthora parasitica*: a novel mode of sexual reproduction? J. Gen. Microbiol. 134:2985–2992.

Boesewinkel, H. J. 1976. Storage of fungal cultures in water. Trans. Br. Mycol. Soc. 66:183–185.

Cooke, D. E. L., A. Drenth, J. M. Duncan, G. Wagels, and C. M. Brasier. 2000. A molecular phylogeny of *Phytophthora* and related Oomycetes. Fungal Gen. Biol. 30:17–32.

Cooke, D. E. L. and J. M. Duncan. 1997. Phylogenetic analysis of *Phytophthora* species based on ITS1 and ITS2 sequences of the ribosomal RNA repeat. Mycol. Res. 101:667–677.

Erwin, D. and O. Ribeiro. 1996. *Phytophthora* Diseases Worldwide. APS Press. Minnesota. 562 pp.

Hansen, E. M., P. W. Reeser, and W. Sutton. 2012. *Phytophthora* beyond agriculture. Annu. Rev. Phytopathol. 50:359–378.

Ho, H. H., P. J. Ann, and H. S. Chang. 1995. The Genus *Phytophthora* in Taiwan. Acad. Sin. Mon. Ser. 15. Taipei. 86 pp.

Hwang, S. C., W. H. Ko, and M. Aragaki. 1976. A simplified method for sporangial production by *Phytophthora cinnamomi*. Mycologia 68:1233–1234.

Ko, W. H. 1978. Heterothallic *Phytophthora*: evidence for hormonal regulation of sexual reproduction. J. Gen. Microbiol. 107:15–18.

Ko, W. H. 1980. Hormonal regulation of sexual reproduction in *Phytophthora*. J. Gen. Microbiol. 116:459–461.

Ko, W. H., H. S. Chang, and H. J. Su. 1976. Isolates of *Phytophthora cinnamomi* from Taiwan as evidence for an Asian origin of the species. Trans. Br. Myicol. Soc. 72:353–358.

Stamp, D. J., G. M. Waterhouse, F. J. Newhook, and G. S. Hall. 1990. Revised Tabular Key to the Species of *Phytophthora*. Mycol. Pap. 162. CAB Int. Mycol. Ins. Kew. 28 pp.

Su, P. D. 2005. Special crops: Chinese mahogany. p.91. *in*: Taiwan Agricultural Encyclopedia: Crop Edition 1. 3rd ed. (Wong, C. I. and J. Chu, eds.) Council of Agriculture, Executive Yuan, R.O.C. Pub. Taipei. 582 pp. (in Chinese)

Tsu, S. T., T. C. Chang, C. A. Chang, J. L. Tsai, and T. T. Tsay. 2002. List of Plant Diseases in Taiwan. 4th ed. Taiwan Phytopathol. Soc. Pub. Taichung. 386 pp. (in Chinese)

Villa, N. O., K. Kageyama, T. Asano, and H. Suga. 2006. Phylogenetic relationships of *Pythium* and *Phytophthora* species based on ITS rDNA, cytochrome oxidase II and β-tubulin gene sequences. Mycologia 98:410–422.

Waterhouse, G. M. 1963. Key to the Species of *Phytophthora* de Bary. Mycol. Pap. 92. CMI. Kew. 25 pp.

Waterhouse, G. M. 1970. The Genus *Phytophthora* de Bary: Diagnoses (or Descriptions) and Figures from the Original Papers. Mycol. Pap. 122. CMI. Kew. 59 pp.

White, T. J., T. Bruns, S. Lee, and J. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of ribosomal RNA genes for phylogenetics. p.315–322. *in*: PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications. (Innis, M. A., D. H. Gelfand, J. J. Snirsky, and T. J. White, eds.) Academic Press. San Diego. 482 pp.

Phytophthora Diseases of *Cedrela sinensis* and *Zanthoxylum ailanthoides*

Pao-Jen Ann[1,3], Jyh-Nong Tsai[2], and Ien-Tien Wang[3]

Abstract

Ann, P. J., J. N. Tsai, and I. T. Wang. 2013. Phytophthora Diseases of *Cedrela sinensis* and *Zanthoxylum ailanthoides*. J. Taiwan Agric. Res. 62(1):57–70.

Serious Phytophthora diseases of *Cedrela sinensis* and *Zanthoxylum ailanthoides* were found in the fields in Taiwan during the investigation of diseases of medicinal herb plants from 2006 to 2012. Diseased plants of *C. sinensis* showed symptoms of browning on basal stems which were shrunken within a few days, and the plants were droopy. Severely infected plants were leaf yellowing, stunted and killed due to root rotting. Diseased plants of *Z. ailanthoides* showed symptoms of water-soaked lesions on leaves, buds and stems, which enlarged in size and turned dark brown quickly. Eventually, the infected leaves turned yellow and fell prematurely, and the buds and stems rotted and collapsed. Diseased plants also showed symptoms of basal stem rot and root rot. Two species of *Phytophthora*, including *P. nicotianae* (*P. parasitica*) (2 A^1 isolates) and *P. palmivora* (3 A^2 isolates) were isolated from *C. sinensis* and one species of *Phytophthora* (*P. nicotianae*, 7 A^1 and 4 A^2 isolates) was isolated from *Z. ailanthoides*. Results of pathogenicity tests by artificial inoculations showed that both *P. nicotianae* and *P. palmivora* were the pathogens of *C. sinensis* and *P. nicotianae* was the pathogen of *Z. ailanthoides*, with disease symptoms identical to the diseased plants observed in the fields. Each *Phytophthora* isolate was re-isolated from the infected tissues of the inoculated plants. All the isolates of *Phytophthora* obtained from *C. sinensis* and *Z. ailanthoides* belonged to the typical types of *P. nicotianae* or *P. palmivora*. The range of temperature for mycelial growth of *P. nicotianae* isolates were 8–36℃ with optimal temperature at 28℃, while the range for *P. palmivora* was 12–35℃ with optimal temperature at 28℃. Sporangia of *P. nicotianae* isolates were spherical or sub-spherical, unsymmetrical, with semi-spherical papilla, and non-deciduous, whereas sporangia of *P. palmivora* were spherical, ovoid or elliptical, symmetrical, with semi-spherical papilla, and deciduous with very short pedicels (< 5 μm). Both *Phytophthora* species produced chlamydospores on agar media. DNA sequences of the internal transcribed spacers (ITS1-5.8S rDNA-ITS2) region and the partial *β*-tubulin gene also support the morphological classification of *P. nicotianae* and *P. palmivora*. This is the first record of Phytophthora diseases of *C. sinensis* caused by *P. nicotianae* and *P. palmivora* and *Z. ailanthoides* caused by *P. nicotianae* in Taiwan and in the world.

Key words: *Cedrela sinensis*, *Zanthoxylum ailanthoides*, Phytophthora diseases, *Phytophthora nicotianae*, *Phytophthora palmivora*.

Received: November 9, 2012; Accepted: January 3, 2013.
* Corresponding author, e-mail: pjann@tari.gov.tw
[1] Research Fellow and Director, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
[2] Associate Research Fellow, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
[3] Research Assistant, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 62(1):71–82 (2013)
DOI:10.6156/JTAR.2013.06201.07

溫度對底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂 (膜翅目：釉小蜂科) 致死南美斑潛蠅 (雙翅目：潛蠅科) 能力之影響

錢景秦 [1,*] 張淑貞 [2]

摘要

錢景秦、張淑貞。2013。溫度對底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂 (膜翅目：釉小蜂科) 致死南美斑潛蠅 (雙翅目：潛蠅科) 能力之影響。台灣農業研究 62(1):71–82。

南美斑潛蠅 [*Liriomyza huidobrensis* (Blanchard)] 偏好溫涼氣候，為台灣地區冬季蔬菜之害蟲。底比斯釉小蜂 [*Chrysocharis pentheus* (Walker)] 與岡崎釉小蜂 [*Closterocerus okazakii* (Kamijo)] 為該蠅幼蟲期之寄生蜂。本文探討二種釉小蜂於不同溫度下對南美斑潛蠅之致死能力，得知底比斯釉小蜂在 15、20、25 及 30℃時對南美斑潛蠅幼蟲之致死數，各為 17、45、288 及 114 隻，岡崎釉小蜂則各為 25、74、139 及 123 隻。顯示二種寄生蜂在 25℃與 30℃時對南美斑潛蠅幼蟲之致死能力均顯著高於 15℃與 20℃，尤其底比斯釉小蜂在 25℃時對南美斑潛蠅幼蟲之抑制力甚大。

關鍵詞：底比斯釉小蜂、岡崎釉小蜂、南美斑潛蠅、溫度、致死寄主能力。

前言

南美斑潛蠅 [*Liriomyza huidobrensis* (Blanchard)] 屬雙翅目 (Diptera)、潛蠅科 (Agromyzidae)。最早發生於中美洲與南美洲，1980 年代之後，擴散分布於北美洲 (美國加州)、中美洲與加勒比海、南美洲、歐洲、非洲、亞洲及大洋洲 (夏威夷、關島) 等地 (CABI 2012, http://www.cabi.org/cpc/)。南美斑潛蠅之食性爲高度多食性，爲世界性重要之蔬菜、花卉及糧食作物等之害蟲 (Jiang *et al.* 1997; Wen *et al.* 1998; Zou *et al.* 1998; Yang *et al.* 1999; Chen & Kang 2002; Luo *et al.* 2002; Hu & Su 2003; Song *et al.* 2004; CABI 2012)。該蠅共有二個隱匿種 (cryptic species)，分別分布於北美與中南美 (Scheffer 2000; Scheffer & Lewis 2001; Scheffer *et al.* 2001)。

台灣於 1998 年 11 月首次在雲林縣林內鄉油菜上發現南美斑潛蠅 (Chien & Chang unpublished data)，2000 年登錄爲台灣新侵入種 (Shiao & Wu 2000)，至今已分布於台灣中、南部及澎湖、金門、馬祖，危害 6 科、26 種蔬果，偏好溫涼氣候，平地僅在 11 月至翌年 5 月發生，危害冬季蔬菜，爲斑潛蠅類在萘菜 [俗名稱牛皮菜，*Beta vulgaris* (Linn.)]、豌豆、萵苣及茼蒿上之優勢種 (40.4–100%) (Chien & Chang unpublished data)。Chien & Chang (2008a) 與 Chang (unpublished data) 分別藉該蠅發育期之一致性與粒線體 DNA 序列之比對，推定該蠅源自南美隱匿種。

南美斑潛蠅之形態、生活史及生命表已有報導 (Vercambre & De Crozals 1993; Jiang *et al.* 1997; Liu *et al.* 1998; Wen *et al.* 1998; Zou *et al.* 1998; Luo *et al.* 2001; Zhou *et al.* 2001; Lanzoni *et al.* 2002; Lin *et al.*, 2002; Luo *et al.*, 2002; Zhao *et al.*, 2002; Liu 2005; Chien &

投稿日期：2012 年 7 月 30 日；接受日期：2013 年 1 月 7 日。
[*] 通訊作者：chien@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所應用動物組前研究員。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。

Chang 2008a)。該蠅發育適溫帶爲 15–25℃，其間卵發育至蛹期之存活率爲 62.4–75.9%，10℃與 28℃時其值各降爲 3.8% 與 25.0%，幼蟲在 8℃低溫下不能完成發育 (Chien & Chang 2008a)，而蛹在 30℃高溫下亦不能完成發育 (Zhou *et al.* 2001; Lanzoni *et al.* 2002; Chien & Chang 2008a)，但 MacDonald & Walters (1993)、Vercambre & De Crozals (1993) 及 Zhao *et al.* (2002) 則認爲蛹在 30℃時能完成發育。該蠅生殖力會因地區、寄主植物及溫度而不同 (Parrella & Bethke 1984; Zou *et al.* 1998; Lin *et al.* 2005; Liu 2005; Chien & Chang 2008a)，其室內族群增長最大與最適繁殖之溫度各爲 25℃與 20℃ (Chien & Chang 2008a)。

台灣地區南美斑潛蠅本地種寄生蜂有 7 種，包括底比斯釉小蜂 [*Chrysoncharis pentheus* (Walker)]、岡崎釉小蜂 [*Closterocerus okazakii* (Kamijo)]、異角釉小蜂 [*Hemiptarsenus varicornis* (Girault)]、華釉小蜂 [*Neochrysocharis formosa* (Westwood)]、薹潛蠅繭蜂 (*Opius caricivorae* Fischer)、*Opius* sp. 及 1 種未定名之黃金小蜂 (Chien & Chang unpublished data)，其中底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂不僅寄生非洲菊斑潛蠅 [*Liriomyza trifolii* (Burgess)] (Lin & Wang 1992; Chien & Ku 1998)、蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza sativae* Blanchard) 及南美斑潛蠅 (Chien & Chang unpublished data)，且爲蔬菜斑潛蠅之有效寄生蜂 (Chien & Chang 2008c, 2009b)。在中國，底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂亦爲蔬菜斑潛蠅田間之優勢寄生蜂 (Xu *et al.* 1999; Zeng *et al.* 1999; Huang *et al.* 2000; Liang *et al.* 2001; Zhan *et al.* 2002; Zhao *et al.* 2003; Cai *et al.* 2005; Ren *et al.* 2006)。在日本，底比斯釉小蜂爲非洲菊斑潛蠅田間之優勢寄生蜂 (Saito *et al.* 1996; Arakaki & Kinjo 1998)。

底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂均屬膜翅目 (Hymenoptera)、釉小蜂科 (Eulophidae)，有關此二種釉小蜂之學名變遷、分布、寄主範圍、形態及生活史等均已有詳盡報導 (Chien & Chang 2008b, 2009a)。二種釉小蜂習性類似之處有四項，如生殖方式爲單產雄性孤雌生殖 (arrhenotoky)、寄生方式屬幼蟲單員內寄生 (larval solitary endoparasitoid)、產卵方式屬非共育寄生性 (idiobiont)、及致死寄主方式有寄生與取食寄主 (host-feeding) 二種，且取食寄主模式爲產卵取食不併行但殘害寄主型 (non-concurrent destructive type)。二種釉小蜂分布、習性相異之處如下：底比斯釉小蜂屬世界性分布，岡崎釉小蜂僅分布於日本、中國及台灣；二蜂雖均爲多食性，但底比斯釉小蜂寄主範圍包括雙翅目 62 種、鱗翅目 102 種、鞘翅目 11 種及膜翅目 3 種 (Chien & Chang 2008b)，而岡崎釉小蜂僅侷限 6 種雙翅目 (Chien & Chang 2009a)；當寄主爲蔬菜斑潛蠅與非洲菊斑潛蠅時，底比斯釉小蜂雌蜂偏好在第三齡寄主幼蟲上產卵與取食，而岡崎釉小蜂雌蜂則偏好在第三齡寄主幼蟲上產卵及第二與三齡寄主幼蟲上取食 (Chien & Ku 2001; Chien & Chang 2009a)；致死寄主蔬菜斑潛蠅之適溫範圍，底比斯釉小蜂 (15–25℃) 較岡崎釉小蜂 (15–35℃) 窄；二種釉小蜂以蔬菜斑潛蠅繁殖時之適溫範圍，底比斯釉小蜂較適於低至中溫 (15–25℃)，岡崎釉小蜂則較適於中至高溫 (20–30℃) (Chien & Chang 2008c, 2009b)。

底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂既爲南美斑潛蠅之寄生蜂，爲瞭解在不同溫度下該二種釉小蜂對南美斑潛蠅幼蟲之致死能力，乃進行本試驗冀能提供該二種釉小蜂對南美斑潛蠅生物防治應用之參考。

材料與方法

寄主植物與蟲源

寄主植物之栽培：參照 Chien & Chang (2008a) 所述，隔日定期浸泡 200 粒菜豆 (*Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeschers) 種子，在 25℃下經 7 h 種子吸水飽滿後，將其瀝淨、放入上下交合之塑膠盤內，24 h 後將發根種子移植於溫室中置有 3 號蛭石之穴盤 (長 36.5 cm、寬 28.0 cm、高 4.5 cm，30 穴) 內。每日澆水。經 12–15 d，菜豆苗長高

至 15–20 cm、本葉 (primary leaf) 葉寬達 7–9 cm 時，即可供室內南美斑潛蠅產卵用。

供試蟲源：在南投縣林內鄉菜豆 (*Phaseolus vulgaris* L.) 上採集被南美斑潛蠅幼蟲危害之葉片攜回室內。攤開葉片置放在塑膠盤內陰乾。經 2 d 後，將此等乾燥葉片與蠅蛹放入壓克力筒 (直徑 20.0 cm、高 25.0 cm)，待成蠅、底比斯釉小蜂及岡崎釉小蜂羽化，供後續試驗飼育之蟲源。

南美斑潛蠅及寄生蜂之繁殖

南美斑潛蠅：參照 Chien & Chang (2008a) 所述，每日上午 9 時在室溫 25℃ 下將 250 隻第三日齡 (羽化後第 4 日) 已交尾之雌、雄蠅置入內有 30 株菜豆苗 (本葉葉寬達 7–9 cm) 之網箱 (長 75.0 cm、寬 55.0 cm、高 50.0 cm，92 網目)，經產卵 7 h 後將帶有蠅卵之菜豆苗移出，置於溫度 25℃ 之繁殖室內。6 d 後，將帶有三齡幼蟲之豆株剪下，插入盛水之塑膠杯 (直徑 8.5 cm、高 9.5 cm)，再置放在塑膠盤內，次日下午收集蠅蛹，8 d 後成蠅羽化。

底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂：參照 Chien & Ku (2001) 所述，待南美斑潛蠅幼蟲發育至第三齡中期時 (產卵後第 6 日)，將帶有共約 300 隻斑潛蠅幼蟲之 4 至 5 株菜豆苗自根際處剪下，並距離豆苗剪口 5 cm 處以海綿片束紮，直插入罐蓋上有圓孔 (直徑 1.5 cm) 之盛水塑膠小罐 (直徑 4.0 cm、高 5.0 cm)。然後將此罐插之帶蟲豆苗，放入內有 15–20 對寄生蜂之接蜂用壓克力筒 (直徑 20.0 cm、高 25.0 cm)。經 24 h 後，將已接過蜂之帶蟲豆苗移出，集中插入盛水之塑膠杯 (直徑 15.5 cm、高 9.5 cm)，並放入寄生蜂飼育用之壓克力箱 (長 45.0 cm、寬 34.0 cm、高 28.0 cm)，每日換水。接蜂 5–6 d 後，自葉柄處剪下帶有寄生蜂蛹之菜豆葉，放入塑膠盤陰乾。經 2 d 後，將此等乾燥葉片放入壓克力筒 (直徑 20.0 cm、高 25.0 cm)，待寄生蜂羽化。

溫度對二種寄生蜂壽命、子蜂數、雌性比及致死南美斑潛蠅能力之影響

參照 Chien & Chang (2008c, 2009b) 所述，在南美斑潛蠅上分別測試溫度對底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂壽命、子代數、雌性比及致死南美斑潛蠅能力之影響。其方法係利用二種寄生蜂卵，在 15、20、25 及 30℃ 不同定溫下發育、正常羽化之 0 日齡成蜂，各取 1 對置入直徑 12.0 cm、高 21.0 cm 之玻璃筒，然後再置入各原發育溫度之定溫箱內。每日早上 7 點，各處理除以細毛筆將蜂蜜塗於玻璃筒內壁，並供應 1 株內有 40–50 隻第三齡南美斑潛蠅幼蟲 (產卵後第 6 日) 潛食之罐插菜豆苗，直至雌蜂死亡爲止。由於本試驗之目的主在探測底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂雌蜂在上述不同定溫下對南美斑潛蠅幼蟲之致死潛能，因此考慮底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂一旦寄生或取食蔬菜斑潛蠅幼蟲後，寄主各經 3.9 min 與 2.8–102.0 min 後進入深度麻痺狀態，或立即死亡 (Chien & Chang 2008b, 2009a)；底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂在 15、20、25 及 30℃ 下寄生蔬菜斑潛蠅時，二種釉小蜂卵至蛹期之存活率不受溫度影響，各爲 91.3–95.5% 與 93.4–100% (Chien & Chang 2008c, 2009b)；及各溫度定溫箱內空間有限等之因素；於是試驗期間每日將各溫度處理所更換下內有被寄生與被取食南美斑潛蠅幼蟲之菜豆苗，均移至 25℃ 室溫下飼育直至子代釉小蜂羽化。記錄各處理 1 對成蜂之壽命，並依 Chien & Ku (2001) 之方法，於接蜂後次晨，利用透光法，計數雌蜂對南美斑潛蠅幼蟲之致死總數 (寄生致死寄主數 + 取食致死寄主數)，7 d 後，再分別記錄雌蜂對南美斑潛蠅幼蟲之寄生數 (寄生蜂蛹數) 與取食寄主數 (致死寄主總數 – 寄生蜂蛹數)，待釉小蜂羽化後，再記錄雌蜂與雄蜂數及雌性比 [♀/(♀ + ♂)]。每處理各進行 6–10 重複。

統計分析

各項處理之試驗資料利用 SAS-EG (SAS Enterprise Guide) 4.1 版本統計分析軟體 (SAS Institute, Cary, NC, USA) 先進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA)，再以最小顯著差異性 (least significant difference; LSD) 測驗，在 5% 顯著水準下比較處理間平均值之差異。

結果

溫度對底比斯釉小蜂壽命、子蜂數、雌性比及致死南美斑潛蠅能力之影響

壽命：成蜂壽命在 15、20、25 及 30℃時，雌蜂為 11.8–18.3 d，雄蜂為 10.0–16.5 d，不論雌蜂或雄蜂各溫度處理組間壽命均無顯著差異，同時在各相同溫度下，雌、雄蜂壽命間亦均無顯著差異 (表 1)。

子蜂數：雌蜂一生產子蜂數在 15、20、25 及 30℃時各為 8、32、213 及 82 隻，其中 25℃處理組與其他三種處理組間呈顯著差異；15℃與 20℃處理組間雖無顯著差異，但此二處理組與 30℃處理組間呈顯著差異 (表 1)。

雌性比：子代雌性比在 15、20、25 及 30℃時各為 0.43、0.42、0.59 及 0.68，其中 30℃與 25℃、15℃與 20℃各二處理組間雖均各無顯著差異，但 25℃與 30℃二處理組卻與 15℃與 20℃二處理組間呈顯著差異 (表 1)。

產卵：雌蜂一生產有活力卵數 (蛹數) 在 15、20、25 及 30℃時各為 10、35、214 及 89 粒，其中 25℃處理組與其他三種處理組間呈顯著差異；15℃與 20℃處理組間雖無顯著差異，但此二處理組與 30℃處理組間呈顯著差異 (表 1)。日產卵型式受溫度影響 (圖 1)，雌蜂產卵前期在 15℃與 20℃下各為 2 d 與 1 d，在 25℃與 30℃下為 0 d；產卵期在 15、20、25 及 30℃下各為 18、24、23 及 12 d，其間每日產卵量以 25℃時最多 (1.0–22.7 粒)、30℃時次之 (0.7–13.7 粒)、20℃時再次 (0.0–6.5 粒)、15℃時最少 (0.0–3.0 粒)；產卵後期在 15℃時最長 (18 d)，20、25 及 30℃時各為 4、1 及 6 d。

取食：雌蜂一生取食南美斑潛蠅幼蟲數在 15、20、25 及 30℃時各為 7、10、74 及 25 隻，其中 15、20 及 30℃三處理組間雖無顯著差異，但彼等均與 25℃處理組間呈顯著差異 (表 1)。日取食型式受溫度影響 (圖 1)，雌蜂取食前期在 15℃下為 3 d，在 20、25 及 30℃下為 0 d；取食期在 15、20、25 及 30℃下各為 22、28、23 及 12 d，其間每日取食斑潛蠅幼蟲數在 25℃時最多 (0.3–9.3 隻)、30℃時次之 (0.3–5.5 隻)、15℃與 20℃時最少 (各為 0.0–2.5 隻與 0.0–2.0 隻)；取食後期在 15℃時較長 (13 d)，30℃時次之 (6 d)，20℃與 25℃時較短 (1 d)。

表 1.　溫度對南美斑潛蠅二種寄生蜂壽命、子代數及致死寄主能力之影響。

Table 1.　Effect of temperature on longevity, progeny, and host-killing capability of two parasitoids on *Liriomyza huidobrensis* [z].

Temp. (℃)	*n*	Longevity (d) of wasp: Female	Longevity (d) of wasp: Male	Progeny/female wasp: No. adults	Progeny/female wasp: Female proportion	No. hosts killed/female wasp: Parasitized	No. hosts killed/female wasp: Feeding	No. hosts killed/female wasp: Total	No. hosts killed/female wasp: Parasitized/feeding
Parasitoid: *Chrysocharis pentheus*									
15	6	17.0 ± 1.7 Aa [y]	11.6 ± 3.3 Aa	8 ± 3 c	0.43 ± 0.07 b	10 ± 4 c	7 ± 3 b	17 ± 6 c	1.4 ± 0.4 b
20	7	14.6 ± 3.5 Aa	10.3 ± 3.3 Aa	32 ± 10 c	0.42 ± 0.03 b	35 ± 10 c	10 ± 4 b	45 ± 14 c	4.1 ± 0.6 a
25	6	18.3 ± 1.9 Aa	16.5 ± 1.4 Aa	213 ± 18 a	0.59 ± 0.03 a	214 ± 18 a	74 ± 12 a	288 ± 23 a	3.4 ± 0.7 a
30	6	11.8 ± 1.4 Aa	10.0 ± 1.5 Aa	82 ± 4 b	0.68 ± 0.05 a	89 ± 5 b	25 ± 3 b	114 ± 7 b	3.6 ± 0.3 a
Parasitoid: *Closterocerus okazakii*									
15	7	34.6 ± 3.8 Aa [y]	35.1 ± 3.8 Aa	11 ± 1 c	0.54 ± 0.06 a	15 ± 2 c	10 ± 1 c	25 ± 2 c	1.7 ± 0.4 c
20	7	13.0 ± 2.5 Ab	15.8 ± 2.9 Ab	51 ± 10 b	0.58 ± 0.04 a	55 ± 11 b	19 ± 5 bc	74 ± 15 b	3.1 ± 0.3 bc
25	8	11.6 ± 1.1 Ab	13.7 ± 1.0 Abc	99 ± 15 a	0.51 ± 0.04 a	107 ± 17 a	32 ± 6 a	139 ± 21 a	3.8 ± 0.6 ab
30	10	9.5 ± 1.2 Ab	7.7 ± 1.3 Ac	85 ± 13 ab	0.58 ± 0.03 a	100 ± 13 a	23 ± 3 ab	123 ± 15 a	4.5 ± 0.5 a

[z] One pair of wasps was provided daily with 40–50 third-instars of *Liriomyza huidobrensis* and honey and reared at a given temperature in a condition of 65–85% RH and 14L:10D photoperiod.

[y] Mean ± standard error. Means within each column (in small letter) and within a row of longevity (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

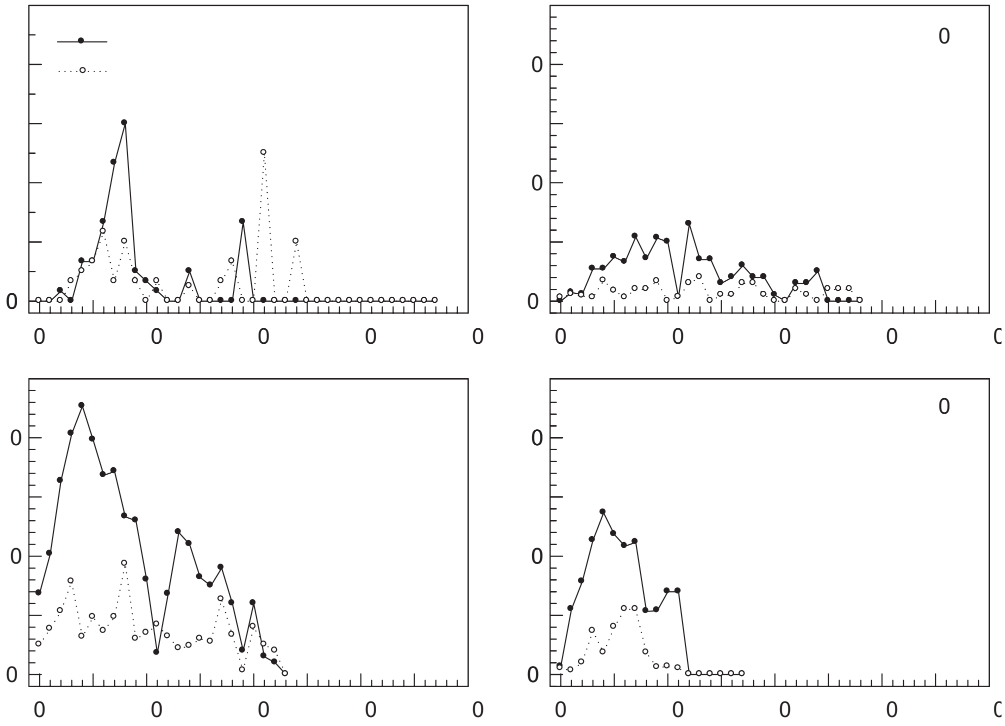


圖 1. 溫度對底比斯釉小蜂雌蜂在南美斑潛蠅上每日寄生與取食之影響。

Fig. 1. Effect of temperature on daily parasitization and host-feeding patterns of female *Closterocerus pentheus* on *Liriomyza huidobrensis*.

致死寄主能力：雌蜂一生致死南美斑潛蠅幼蟲總數在 15、20、25 及 30℃ 時各為 17、45、288 及 114 隻，其中 25℃ 處理組與其他三種處理組間呈顯著差異；15℃ 與 20℃ 處理組間雖無顯著差異，但此二處理組與 30℃ 處理組間呈顯著差異 (表 1)。

寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比值：雌蜂寄生致死南美斑潛蠅幼蟲數與取食致死南美斑潛蠅幼蟲數之比值在 15、20、25 及 30℃ 時各為 1.4、4.1、3.4 及 3.6，其中 20、25 及 30℃ 三處理組間雖無顯著差異，但彼等均與 15℃ 處理組間呈顯著差異 (表 1)。

溫度對岡崎釉小蜂壽命、子蜂數、雌性比及致死南美斑潛蠅能力之影響

壽命：雌蜂壽命在 15、20、25 及 30℃ 時各為 34.6、13.0、11.6 及 9.5 d，其中 20、25 及 30℃ 三處理組間雖無顯著差異，但彼等均與 15℃ 處理組間呈顯著差異。雄蜂壽命在 15、20、25 及 30℃ 時各為 35.1、15.8、13.7 及 7.7 d，其中 15℃ 處理組與 20、25 及 30℃ 各處理組間均呈顯著差異；20℃ 與 25℃、25℃ 與 30℃ 各二處理組間雖均各無顯著差異，但 20℃ 與 30℃ 處理組間呈顯著差異。另外在各相同溫度下，雌、雄蜂壽命間均無顯著差異 (表 1)。

子蜂數：雌蜂一生產子蜂數在 15、20、25 及 30℃ 時各為 11、51、99 及 85 隻，其中 25℃ 與 30℃、30℃ 與 20℃ 各二處理組間均各無顯著差異，但 25℃ 與 20℃ 二處理組間呈顯著差異，15℃ 與 20、25 及 30℃ 三處理組間亦呈顯著差異 (表 1)。

雌性比：子代雌性比在 15、20、25 及 30℃ 時為 0.51–0.58，各處理組間無顯著差異 (表 1)。

產卵：雌蜂一生產有活力卵數 (蛹數) 在 15、20、25 及 30 ℃ 時 各 爲 15、55、107 及 100 粒，其中 25℃與 30℃處理組間雖無顯著差異，但二者均與 15℃、20℃處理組間呈顯著差異，15℃與 20℃處理組間亦呈顯著差異 (表 1)。日產卵型式受溫度影響 (圖 2)，雌蜂產卵前期在 15℃下爲 5 d，在 20、25 及 30℃下爲 0 d；產卵期在 15、20、25 及 30℃下各爲 27、19、15 及 17 d，其間每日產有活力卵數以 25℃與 30℃時較多 (各爲 0.5–16.8 粒與 1.0–16.2 粒)、20℃時次之 (0.0–8.7 粒)、15℃時最少 (0.0–3.3 粒)；產卵後期在 15℃時最長 (19 d)，20℃時次之 (5 d)，25℃與 30℃時較短 (各爲 0 d 與 1 d)。

取食：雌蜂一生取食南美斑潛蠅幼蟲數在 15、20、25 及 30℃時各爲 10、19、32 及 23 隻，其中 25℃與 30℃、30℃與 20℃、20℃與 15℃各二處理組間雖均各無顯著差異，但 25℃處理組卻與 15℃、20℃二處理組呈顯著差異，30℃與 15℃二處理組間亦呈顯著差異 (表 1)。日取食型式受溫度影響 (圖 2)，雌蜂取食前期在 15℃下爲 2 d，在 20、25 及 30℃下均爲 0 d；取食期在 15、20、25 及 30℃下各爲 43、18、15 及 17 d，其間每日取食南美斑潛蠅幼蟲數在 25℃與 30℃時最多 (各爲 0.0–7.2 隻與 0.0–7.0 隻)、20℃時次之 (0.0–3.1 隻)、15℃時最少 (0.0–1.0 隻)；取食後期在 15℃與 20℃時較長 (6 d)，在 25℃與 30℃時較短 (各爲 0 d 與 1 d)。

致死寄主能力：雌蜂一生致死南美斑潛蠅總數在 15、20、25 及 30℃時各爲 25、74、139 及 123 隻，其中 25℃與 30℃處理組間雖

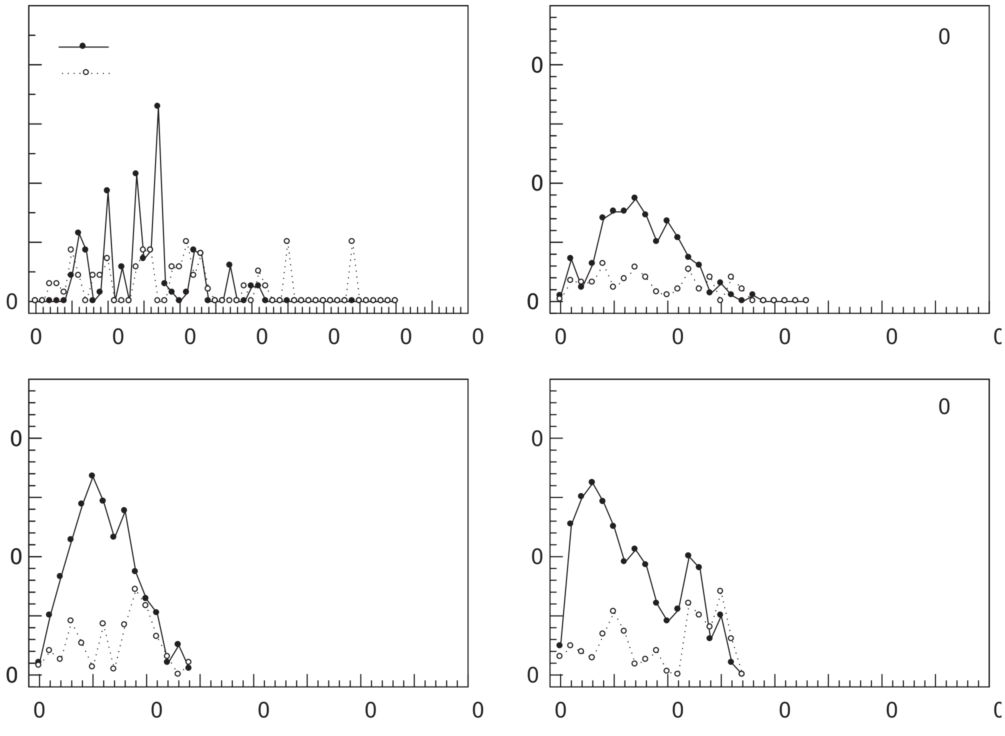


圖 2.　溫度對岡崎釉小蜂雌蜂在南美斑潛蠅上每日寄生與取食之影響。

Fig. 2.　Effect of temperature on daily parasitization and host-feeding patterns of female *Closterocerus okazakii* on *Liriomyza huidobrensis*.

無顯著差異，但此二處理組均與 15℃、20℃處理組間呈顯著差異，15℃與 20℃處理組間亦呈顯著差異 (表 1)。

寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比值：雌蜂寄生致死南美斑潛蠅幼蟲數與取食致死南美斑潛蠅幼蟲數之比值，在 15、20、25 及 30 ℃ 時 各 爲 1.7、3.1、3.8 及 4.5，其中 30℃與 25℃、25℃與 20℃、20℃與 15℃各二處理組間雖均各無顯著差異，但 30℃與 20℃、15℃二處理組間呈顯著差異，25℃與 15℃處理組間亦呈顯著差異 (表 1)。

討論

在台灣，三種斑潛蠅 (非洲菊斑潛蠅、蔬菜斑潛蠅、南美斑潛蠅) 間雖具共通之寄生蜂相 (Chien & Chang unpublished data)，但其有效寄生蜂卻視斑潛蠅種類而不一，在非洲菊斑潛蠅時爲異角釉小蜂與華釉小蜂 (Chien *et al.* 2004, 2005)，在蔬菜斑潛蠅時爲底比斯釉小蜂、岡崎釉小蜂及臺潛蠅繭蜂 (Chien & Chang 2008c, 2009b, 2012c)，在南美斑潛蠅時爲臺潛蠅繭蜂 (Chien & Chang 2012c)。相較南美斑潛蠅在 15、20、25 及 30℃時產下之有活力卵數 (第三齡幼蟲數) 各爲 263、338、220 及 167 粒 (Chien & Chang 2008a)，及本試驗二種釉小蜂在相應溫度下之致死南美斑潛蠅幼蟲數 (表 1)，估得底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂對南美斑潛蠅幼蟲之致死率在 15℃時相近，僅各爲 6.5% 與 9.5%，20℃時亦低各爲 13.3% 與 21.9%；但在 25℃與 30℃時二種釉小蜂對該蠅幼蟲之致死率較高，底比斯釉小蜂各爲 100% 與 68.3%，岡崎釉小蜂各爲 63.2% 與 73.7%，顯示此二種釉小蜂在 25℃與 30℃時均對南美斑潛蠅幼蟲具相當之抑制力，尤其底比斯釉小蜂在 25℃時更爲南美斑潛蠅之有效寄生蜂。另外由於臺潛蠅繭蜂在 15、20 及 25℃時對南美斑潛蠅之致死蛹數 (寄生寄主數) 各爲 156、146 及 259 個 (Chien & Chang 2012c)，相較上述南美斑潛蠅在 15、20、25℃時之繁殖力 (Chien & Chang 2008a)，估得臺潛蠅繭蜂在相應溫度下對南美斑潛蠅之抑制力各達 59.3、43.2 及 100%，因而見證臺潛蠅繭蜂在 15–25℃、底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂在 25–30℃時，可相互發揮多種寄生蜂在 15–30℃時對南美斑潛蠅之抑制效益。

害蟲生物防治時，害蟲各蟲期之寄生蜂均有其利用價值。臺潛蠅繭蜂爲南美斑潛蠅幼蟲至蛹之寄生蜂 (Chien & Chang 2012a)，且顯著偏好產卵於寄主第二與三齡幼蟲 (Chien & Chang 2012b)，而本試驗證實底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂亦爲南美斑潛蠅幼蟲之寄生蜂，除寄生寄主外還取食致死寄主，因而加強了寄生蜂對南美斑潛蠅之抑制力。

Chien & Chang (2008c, 2009b) 報導當寄主爲蔬菜斑潛蠅時，底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂致死寄主之適溫範圍各爲 15–25℃與 15–35℃，繁殖時二種釉小蜂之適溫範圍各爲 15–25℃與 20–30℃。但本試驗顯示當寄主爲南美斑潛蠅，底比斯釉小蜂不論繁殖與致死寄主時之最適溫均爲 25℃，而岡崎釉小蜂則爲 25–30℃ (表 1)，顯示寄主種類確實會影響寄生蜂對溫度之反應。

Charnov (1982) 認爲在一定寄主資源下，寄生蜂雌蜂產下雌性卵對該族群之增長與對環境之適應能力均遠較產下雄性卵爲大。因而寄生蜂爲擴大其適應能力，在其長期演化中乃發展已交尾之雌蜂可藉控制受精囊 (spermatheca) 內精子之釋放 (Flanders 1956) 與改變卵通過輸卵管之速度 (Kainoh 1988) 或角度 (King 1961) 等方式，以決定其子代之性比。行單產雄性孤雌生殖者可依寄生蜂密度 (Waage 1982)、蜂齡 (Kishi 1970)，寄主之適宜性如種類 (Kishi 1970)、卵塊大小 (Kishi 1970)、體型大小 (Arthur & Wylie 1959; Charnov *et al.* 1981)、齡期 (Chien *et al.* 1991; Chien & Ku 2001)、密度 (Jackson 1958)、空間分布 (Waage 1982)、已被寄生否 (Holmes 1972; Wylie 1973)，及溫度 (Kfir & Luck 1979; Chien *et al.* 1993, 2004, 2005) 等自行調節族群適當之性比。對照 Chien & Ku (2001)、Chien & Chang (2008c, 2009b) 及本試驗之結果 (表

1)，得知多食性之底比斯釉小蜂與岡琦釉小蜂確亦可依寄主種類、齡期及溫度等改變其雌性比，進而達成二種釉小蜂對環境之適應性。寄主為非洲菊斑潛蠅時，底比斯釉小蜂僅產卵於第三齡寄主幼蟲，而岡琦釉小蜂雖可在第二與第三齡寄主幼蟲上產卵，但其雌性比卻呈顯著差異，各為 0.0 與 0.51；寄主為蔬菜斑潛蠅時，底比斯釉小蜂雌性比在 25℃ (0.50) 時最高，與 15、20 及 30℃時 (各為 0.32、0.34 及 0.17) 呈顯著差異，岡琦釉小蜂雌性比在 25℃時 (0.60) 雖與 20、30℃時 (各為 0.53、0.52) 無顯著差異，但卻與 15℃ (0.48)、35℃ (0.01) 時呈顯著差異；寄主為南美斑潛蠅時，僅底比斯釉小蜂對溫度較為敏感，致使其雌性比在 25℃與 30℃下 (各為 0.59 與 0.68) 顯著較 15℃與 20℃時 (各為 0.43 與 0.42) 高；但岡琦釉小蜂雌性比 (0.51–0.58) 卻不受溫度 (15、20、25 及 30℃) 影響，各處理間無顯著差異。此等數據亦有助於底比斯釉小蜂與岡琦釉小蜂對三種斑潛蠅生物防治上之應用。

Jervis & Kidd (1986) 謂寄生蜂取食寄主之行為在膜翅目中十分普遍，已記錄者達 17 科、140 種；寄生蜂取食寄主體液獲得之含氮食物，有助於其卵巢內卵之發育成熟；取食致死寄主之能力，主要視寄主種類、齡期及密度而定。DeBach (1943) 強調寄生蜂取食寄主能力在生物防治上所扮演之角色，進而可正確評估寄生蜂對害蟲之抑制能力與決定寄生蜂之釋放數。對照 Chien & Ku (2001)、Chien & Chang (2008b, 2008c, 2009a, 2009b) 及本試驗之結果 (表 1)，得知不論寄主為非洲菊斑潛蠅、蔬菜斑潛蠅或南美斑潛蠅，底比斯釉小蜂與岡崎釉小蜂雌蜂均具取食致死寄主行為，且此二種釉小蜂致死寄主之能力均以寄生為主、取食為輔；寄主為蔬菜斑潛蠅與南美斑潛蠅時，二種釉小蜂寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比值均受溫度 (15、20、25 及 30℃) 影響；另在上述各相同溫度下，二種釉小蜂其寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比值，當寄主為南美斑潛蠅時均較寄主為蔬菜斑潛蠅時，各高 0.4、1.6、0.7 及 3.0 倍 (底比斯釉小蜂) 與 4.7、1.6、0.9 及 1.3 倍 (岡琦釉小蜂)。顯示底比斯釉小蜂與岡琦釉小蜂確可依寄主種類與溫度調整其寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比值，進而有助於斑潛蠅生物防治時，在不同環境下對此二種釉小蜂繁殖力與抑制寄主能力之評估。

引用文獻

Arakaki, N. and K. Kinjo. 1998. Notes on the parasitoid fauna of the serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) in Okinawa, southern Japan. Appl. Entomol. Zool. 33:577–581.

Arthur, A. P. and H. C. Wylie. 1959. Effects of host size on sex ratio, development time and size of *Pimpla turionellae* (L.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Entomophaga 4:297–301.

Cai, D. C., L. S. Cheng, J. X. Chen, and S. P. Liu. 2005. Parasitoids and evaluation of their population control on the vegetable leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) in Hainan. Chinese J. Trop. Crops 26(2):76–80. (in Chinese with English abstract)

Charnov, E. L. 1982. The Theory of Sex Allocation. Princeton University Press. Princeton. 355 pp.

Charnov, E. L., R. L. Los-den Hartogy, W. T. Jones, and J. van den Assem. 1981. Sex ratio evolution in a variable environment. Nature 289:27–33.

Chen, B. and L. Kang. 2002. Analysis of trends of occurrence and geographic variation of pea leafminer *Liriomyza huidobrensis*. Plant Quarantine 16:138–140. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2008a. Morphology, life history and life table of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). Formosan Entomol. 28:101–121. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2008b. Morphology and life history of *Chrysocharis pentheus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 28:159–181. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2008c. Influence of temperature on the population increase and host-killing capability of *Chrysocharis pentheus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 28:277–291. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2009a. Morphology and life history of *Closterocerus okazakii* (Kamijo) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 29:25–36. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2009b. Influence of temperature on the life table and host-killing capability of *Closterocerus okazakii* (Kamijo) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 29:37–50. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2012a. Morphology and life history of *Opius caricivorae* (Hymenoptera: Braconidae). J. Taiwan Agric. Res. 61:144–157. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2012b. Effect of host and instar preference on the development and oviposition of the endoparasitoid *Opius caricivorae* (Hymenoptera: Braconidae). J. Taiwan Agric. Res. 61:165–171. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2012c. Effect of host and temperature on population increase and parasitism of *Opius caricivorae* (Hymenoptera: Braconidae). J. Taiwan Agric. Res. 61:172–185. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Ku. 1998. The occurrence of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoids on fields of *Gerbera jamesonii*. Chinese J. Entomol. 18:187–197. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Ku. 2001. Instar preference of five species of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Hymenoptera: Eulophidae, Braconidae). Formosan Entomol. 21:89–97. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C., S. C. Chang, and S. C. Ku. 2004. Influence of temperature on both population increase and host-killing capability of *Hemiptarsenus varicornis* (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 24:91–105. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C., S. C. Ku, and S. C. Chang. 2005. Influence of temperature on the population increase and host-killing capability of *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). Plant Prot. Bull. 47:87–101. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C., Y. I. Chu, and S. C. Ku. 1991. Parasitic strategy, morphology and life history *Tamarixia radiate* (Hymenoptera: Eulophidae). Chinese J. Entomol. 11:264–281. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C., Y. I. Chu, and S. C. Ku. 1993. Influence of temperature on the population increase, host-killing capability and storage of *Tamarixia radiata*. Chinese J. Entomol. 13:111–123. (in Chinese with English abstract)

DeBach, P. 1943. The importance of host-feeding by adult parasites in the reduction of host populations. J. Econ. Entomol. 36:647-658.

Flanders, S. E. 1956. The mechanisms of sex-ratio regulation in the (Parasitic) Hymenoptera. Ins. Soc. 3:325–334.

Holmes, J. B. 1972. Genetic evidence for fewer progency and a higher percent males when *Nasonta vitripennis* oviposits in previously parasitized hosts. Entomophaga 17:79–88.

Hu, Z. X. and X. L. Su. 2003. Study on the characters and control of *Liriomyza huidobrensis* in China. Guangxi Plant Prot. 16(4):22–25. (in Chinese)

Huang, J. C., Z. H. Lin, and J. H. Chen. 2000. Studies on biology of *Neochrysocharis okazakii* Kamijo (Hymenoptera: Eulophidae). Entomol. J. East China 9(2):34–38. (in Chinese with English abstract)

Jackson, D. J. 1958. Observations on the biology of *Caraphractus cinctus* Walker (Hymenoptera: Mymaridae), a parasitoid of the eggs of Dytiscidae. 1. Methods of rearing and numbers bred on different host eggs. Trans. R. Entomol. Soc. Lond. 110:533–566.

Jervis, M. A. and N. A. C. Kidd. 1986. Host-feeding strategies in Hymenoptera parasitoids. Biol. Rev. 61:395–434.

Jiang, X. L., Y. M. Ding, L. W. Wang, Y. M. Mu, Z. Y. Zhang, Y. P. She, and T. Tao. 1997. The occurrence and control of *Liriomyza huidobrensis* in Yunan Province. Plant Quarantine 11(suppl.):20–23. (in Chinese)

Kainoh, Y. 1988. Some factors influencing sex ratio in *Ascogaster reticulatus* Watanabe (Hymenoptera: Braconidae). Appl. Entomol. Zool. 23:35–40.

Kfir, R. and R. F. Luck. 1979. Effects of constant and variable temperature on sex ratio and progeny production by *Aphytis melinus* and *A. lingnanensis* (Hymenoptera: Aphelinidae). Ecol. Entomol. 4:335–344.

King, P. E. 1961. A possible method of sex ratio determination in the parasitic hymenopteran *Nasonia vitripennis*. Nature 189:330–331.

Kishi, Y. 1970. Differences in the sex ratio of the pine bark weevil parasite, *Dolichomitus* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), emerging from different host species. Appl. Entomol. Zool. 5:126–132.

Lanzoni, A., G. G. Bazzocchi, G. Burgio, and M. R. Fiacconi. 2002. Comparative life history of *Liriomyza trifolii* and *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on beans: effect of temperature on development. Environ. Entomol. 31:797–803.

Liang, G., G. Zhan, and L. Zeng. 2001. Controlling effect of parasitoids on population of vegetable leaf miner *Liriomyza sativae* Blanchard. Chinese J. Appl. Ecol.12:257–260. (in Chinese with English abstract)

Lin, F. C. and C. L. Wang. 1992. The occurrence of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Burgess) in Taiwan. Chinese J. Entomol. 12:247–257. (in Chinese with English abstract)

Lin, Z. H., L. X. Lai, Y. L. Huang, Y. Z. Zhang, and J. H. Chen. 2005. Effect of temperature on the development of experimental population of *Liriomyza huidobrensis*. Acta Tabacaria Sin. 11(4):24–27. (in Chinese with English abstract)

Lin, Z. H., Q. J. Chen, Y. Z. Zhang, J. H. Chen, G. Gu, and C. C. Ji. 2002. The effect of temperature on the growth and development of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard). Chinese Tobacco Sci. 4:42–44. (in Chinese with English abstract)

Liu, Y. Y. 2005. The influence of temperature on feeding and oviposition and life of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard). Gansu Agric. Sci. Technol. 6:43–44. (in Chinese with English abstract)

Liu, Z. S., X. L. Jiang, Y. M. Ding, Z. Wei, W. L. Wang, and Y. M. Mu. 1998. Studies on biology of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) on celery. Plant Quarantine 12:264–267. (in Chinese)

Luo, J. C., Y. Y. Liu, and Y. H. Wei. 2002. Threshold temperature and effective temperature sum of *Liriomyza huidobrensis*. Entomol. Knowledge 39:136–137. (in Chinese with English abstract)

Luo, K. J., A. D. Chen, Z. Q. Chen, and S. Mao. 2001. The feeding and oviposition behavior of *Liriomyza huidobrensis*. Entomol. Knowledge 38:372–373. (in Chinese with English abstract)

MacDonald, O. C. and K. F. A. Walters. 1993. The overwintering pontential of *Liriomyza huidobrensis* in the UK. p.193–196. *in*: Proceeding of "*Liriomyza*" Conference on Leafmining Flies in Cultivated Plants. March 24–26, 1993. Montpellier, France. CIRAD, Montpellier.

Parrella, M. P. and J. A. Bethke. 1984. Biological studies of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on chrysanthemum, aster, and pea. J. Econ. Entomol. 77:342–345.

Ren, L. Y., L. Zeng, Y. Y. Lu, and W. Q. Zhang. 2006. Species and effect of plant extracts on parasitic bees of *Liriomyza sativae* Blanchard. J. Guangxi Agric. Biol. Sci. 25:239–242. (in Chinese with English abstract)

Saito, T., F. Ikeda, and A. Ozawa. 1996. Effect of pesticides on parasitoid complex of serpentine lefminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) in Shizuoka Prefecture. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 40:127–133.

Scheffer, S. J. 2000. Molecular evidence of cryptic species within the *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). J. Econ. Entomol. 93:1146–1151.

Scheffer, S. J. and M. L. Lewis. 2001. Two nuclear genes confirm mitochondrial evidence of cryptic species within *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 94:648–653.

Scheffer, S. J., A. Wijisekara, D. Visser, and R. H. Hallet. 2001. A molecular method to distinguish *Liriomyza huidobrensis* from *L. langei* (Diptera: Agromyzidae) applied to three recent leafminer invasions. J. Econ. Entomol. 94:1177–1182.

Shiao, S. F. and W. J. Wu. 2000. *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard), a newly invaded insect of economic importance to Taiwan (Diptera: Agromyzidae). Plant Prot. Bull. 42:249–254.

Song, T. J., X. M. Chu, B. C. Song, and Y. S. Chu. 2004. Biological and ecological characters of *Liriomyza huidobrensis* in Yantai District and its control technology. Entomol. J. East China 13:114–116. (in Chinese with English abstract)

Vercambre, B. and A. De Crozals. 1993. Relation entre *Liriomyza huidobrensis* et *Liriomyza trifolii* a l' Ⅰ le de la Reunion. p.71–77. *in*: Proceeding of "*Liriomyza*" Conference on Leafmining Flies in Cultivated Plants. March 24–26, 1993. Montpellier, France. CIRAD. Montpellier.

Waage, J. K. 1982. Sex ratio and population dynamics of natural enemies - some possible interactions. Ann. Appl. Biol. 101:159–164.

Wen, J. Z., Z. R. Lei, and Y. Wang. 1998. Survey of *Liriomyza huidobrensis* in Yumnan and Guizhou provinces. Plant Prot. 24(3):18–21. (in Chinese)

Wylie, H. G. 1973. Control of egg fertilization by *Nasonia vitripennis* (Hymenoptera: Pteromalidae) when laying on parasitized house fly pupae. Can. Entomol. 105:709–718.

Xu, Z. F., Z. Z. Gao, X. F. Chen, R. H. Hou, and L. Zeng. 1999. Hymenopterous parasitoids of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) in Guangdong province, China. Nat. Enemies Insects 21:126–132. (in Chinese with English abstract)

Yang, C. S., N. N. Xiao, and Z. M. Li. 1999. Host plants (flower) and control of *Liriomyza huidobrensis* in Kunming. Southwest China J. Agric. Sci. 12:14–19. (in Chinese)

Zeng, L., J. J. Wu, and W. Q. Zhang. 1999. Preliminary

studies on the parasitoids of *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) in Guangdong. Nat. Enemies Insects 21:113–116. (in Chinese with English abstract)

Zhan, G. X., G. W. Liang, and L. Zeng. 2002. Effects of temperature on *Chrysocharis pentheus* of vegetable leafminer. J. South China Agric. Univ. 23(4):15–17. (in Chinese with English abstract)

Zhao, L., H. Yang, Y. Y. Cui, and J. Y. Ma. 2002. Developmental threshold temperature and effective thermal summation of *Liriomyza huidobrensis* Blanchard. Plant Quarantine 16:201–203. (in Chinese with English abstract)

Zhao, Y., Z. H. Li, W. A. Xu, and X. Y. Li. 2003. Endoparasitoids of *Liriomyza sativae* investment and its biology. J. Shandong Agric. Univ. 34:24–28. (in Chinese with English abstract)

Zhou, Y. H., W. H. Jiang, Z. M. Zhao, and X. P. Deng. 2001. Effect of temperature on the population increase of *Liriomyza sativae* and *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). Acta Ecol. Sin. 21:1276–1284. (in Chinese with English abstract)

Zou, L., J. N. Wei, and R. P. Kuang. 1998. Biological characteristics and behavior of adult serpentine leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard). Zool. Res. 19:384–388. (in Chinese with English abstract)

Effect of Temperature on Killing of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) by the Parasitoids *Chrysocharis pentheus* and *Closterocerus okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae)

Ching-Chin Chien[1,*] and Shu-Chen Chang[2]

Abstract

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2013. Effect of temperature on killing of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) by the parasitoids *Chrysocharis pentheus* and *Closterocerus okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae). J. Taiwan Agric. Res. 62(1):71–82.

Liriomyza huidobrensis (Blanchard), is one of the major pest of winter vegetables in Taiwan and it prefers cool climate. *Chrysocharis pentheus* (Walker) and *Closterocerus okazakii* (Kamijo) are the parasitoids, attacking larvae of *L. huidobrensis*. The objective of this study was to determine effect of temperature on killing of larvae of *L. huidobrensis* by the parasitoids *C. pentheus* and *C. okazakii*. The experiments were conducted under four constant temperatures, 15, 20, 25 and 30℃. The total number of hosts killed by *C. pentheus* was 17, 45, 288 and 114 at 15, 20, 25 and 30℃, respectively; the total number of hosts killed by *C. okazakii* was 25, 74, 139 and 123 at 15, 20, 25 and 30℃, respectively. Results showed that host-killing capability was significantly higher at 25 and 30℃ than at 15 and 20℃ for both parasitoids, with the highest number of host-killing at 25℃ for *C. pentheus*.

Key words: *Chrysocharis pentheus*, *Closterocerus okazakii*, *Liriomyza huidobrensis*, Temperature, Host-killing capability.

Received: July 30, 2012; Accepted: January 7, 2013.
* Corresponding author, e-mail: chien@tari.gov.tw
1 Former Research Fellow, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
2 Assistant Research Fellow, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 62(1):83–91 (2013)
DOI:10.6156/JTAR.2013.06201.08

柑桔 - 金柑新品種 '台農 1 號 (黃水晶)' 之育成

唐佳惠 [1,*]　呂明雄 [2]　蔡武雄 [3]

摘要

唐佳惠、呂明雄、蔡武雄。2013。柑桔 - 金柑新品種 '台農 1 號 (黃水晶)' 之育成。台灣農業研究 62(1):83–91。

柑桔 - 金柑 '台農 1 號 (黃水晶)' 係由行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所與國立嘉義大學合作，歷經 10 年選拔培育而成，於 2009 年 4 月通過農委會果樹品種審議委員會審議，並於 2009 年 7 月取得品種權。本品種較 '長實金柑' 之食用品質優良，其果皮及果肉皆甜，無明顯不良風味，可溶性固形物高 (19°Brix)，平均含酸量低 (0.57%)，適合鮮食。產量較 '寧波金柑' 高，果實亦較大。平均每個果重 16.3 g。果實轉色期為 1 月中旬至 2 月上旬，較國內主要栽培品種 '長實金柑' 約晚 1.5 個月，但 12 月上旬後之果實，色澤雖綠卻已具備可食性。

關鍵詞：育種、果肉質地、風味、貯藏性。

前言

柑桔 (*Citrus* spp.) 爲台灣重要常綠果樹之一，2011 年栽培面積爲 26,449 ha，其中雜柑類爲 4,643 ha，金柑 (*Fortunella* spp.) 歸屬於此類。國內金柑類之栽培品種以 '長實金柑' (*Fortunella margarita* Swingle) 爲主，目前面積約 358 ha，90% 以上產地位於宜蘭縣，已成爲宜蘭地方性特產之一。'長實金柑' 果皮雖甜卻帶有辣味及苦味，且果肉酸味較高，較適於加工。國內消費市場仍有金柑鮮果之需求，除祭祀用外亦兼用於鮮食。鑑於消費者對鮮食金柑品質之需求日殷，行政院農業委員會農業試驗所與嘉義大學自 1998 年度起，即擬定金柑選育計畫，以單果重超過 15 g、可溶性固形物 15°Brix 以上、酸含量 1% 以下及果皮果肉皆甜者爲育種目標，期能獲得優良品種，有效改善金柑鮮食品質，提供有意生產全果實消費用柑桔農友選擇之用。

金柑 '台農 1 號 (黃水晶)' 於 2009 年 4 月通過農委會果樹品種審議委員會審查，並於 2009 年 7 月正式取得品種權。由於本品種果皮光滑，色澤橙黃，果實短橢圓形，狀似黃色水晶石，故取名爲 '黃水晶'。本文報告該品種選育過程，試驗比較其與 '長實金柑'、'寧波金柑' 各性狀差異，並歸納其生產之優缺點，以供未來衍生利用與推廣之參考。

材料與方法

本品種係由育種者呂明雄於 1999 年，自中國大陸四川農業科學院柑桔研究所引進 '寧波金柑' (*Fortunella crassifolia* Swingle) 種子，同年 2 月播種後培育實生苗，並依一般柑桔栽培管理所需措施，陸續進行選拔及各項調查。

實生苗培育與選拔

1999 年 10 月定植於 24 吋盆，不修剪以

投稿日期：2012 年 9 月 3 日；接受日期：2013 年 1 月 17 日。
* 通訊作者：tang@dns.caes.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所嘉義分所助理研究員。台灣 嘉義市。
[2] 國立嘉義大學園藝學系兼任教授。台灣 嘉義市。
[3] 農委會農業試驗所嘉義分所前研究員兼分所長。台灣 嘉義市。

使植株向上生長，並以行株距 2.5 m × 0.5 m 之密集方式置於農業試驗所嘉義分所柑桔果園網室之中。生育期間採行一般柑桔類之栽培管理及病蟲害防治。2001 年起即有部分品系開花及零星結果，2002 年有部分品系獲得第一批數量足夠供應品質分析之果實，2002–2004 年進行實生苗初選及複選。此期間先後計分析 529 個實生品系，選出符合育種目標之 4 個優良品系，包括 ‘黃水晶’ (品系代號爲 CS-88-1-137)。

品系 (種) 比較試驗

自 2004 年起將表現優良之 CS-88-1-137 品系 (黃水晶)，與同樣嫁接於 ‘廣東檸檬’ (*Citrus limonia* Osbeck) 根砧，且亦自 2001/2002 結果年期開始結果之 ‘長實金柑’ 及 ‘寧波金柑’ 進行品系 (種) 比較。果實品質調查方法如下：2004/2005、2005/2006 及 2006/2007 等結果年期，在各次盛花期至著果期間進行果實標示，自 10 月分起每隔 2 週量測果實之生長曲線，並自 11 月分起取樣調查果實品質。果實可溶性固形物含量係取樣果實榨汁，以屈折計 (Atago PAL-1 Co. Ltd, Tokyo, Japan) 測定。酸含量係每 5 個果實研磨榨汁混合爲一樣本，取原液 5 mL 加去離子水定量至 50 mL，以默克公司出品之 0.1 N 的 NaOH 標準液，滴定至 pH 8.1 之體積，換算爲檸檬酸 (citric acid) 之百分比 (%)。以所有已轉色果實平均可溶性固形物最高之批次爲採收適期，並以該次之數據進行統計分析。

區域試驗

‘黃水晶’、‘長實金柑’ 及 ‘寧波金柑’ 於 2004 年嫁接於 ‘廣東檸檬’ 及 ‘酸桔’ (*Citrus sunki* Hort. ex Tanaka) 等 2 種砧木各 50 株。2005 年春季選擇生長良好之植株，以行株距 4 m × 4 m，定植於嘉義縣中埔鄉篤實農戶之柑桔果園。各品系 (種) 各砧木10株，計20株，並以 5 株爲 1 重複，4 重複，調查果實性狀。調查方式同品系 (種) 比較試驗。

植物性狀檢定

檢定品種爲 ‘台農 1 號 (黃水晶)’，對照品種爲 ‘寧波金柑’ (對照品種 1) 及 ‘長實金柑’ (對照品種 2)，植物性狀檢定項目參照台灣地區現有作物栽培品種名錄 (Chiayi Experiment Station, TARI 1999) 及農糧署公告之柑桔新品種試驗檢定方法，檢定期間爲 2005 年 6 月至 2008 年 12 月，檢定地點爲農業試驗所嘉義分所及中埔試區，並於 2007/2008 及 2008/2009 等 2 個結果年期，取樣進行貯藏力試驗。本研究之試驗資料的差異顯著性測驗，係利用 SAS 套裝軟體 (SAS system for window 9.0, SAS Institute) 進行變方分析 (one way ANOVA) 及最小顯著差異性 (least significant difference, LSD) 測驗。

結果

實生苗培育與選拔

自 2000 年起至 2003 年，由 529 個品系中依次進行初、複選，依植株生長特性調查結果選出 67 個品系，2003/2004 結果年期以果實品質兼顧產量爲評估項目，選出 4 品系。其中，‘黃水晶’ 在 2002/2003 及 2003/2004 等 2 個結果年期之表現皆佳，單果重介於 15.5 g ± 0.9 g 至 18.2 g ± 1.7 g 之間，果實縱徑介於 3.2 cm ± 0.2 cm 至 3.4 cm ± 0.3 cm，橫徑介於 2.9 cm ± 0.2 cm 至 3.1 cm ± 0.2 cm，可滴定酸含量介於 0.35% ± 0.02% 至 0.40% ± 0.03% 之間，可溶性固形物介於 17.2°Brix ± 1.3°Brix 至 19.2°Brix ± 2.1°Brix 之間 (表 1)，無明顯年代效應。

品系種比較試驗

根據嘉義分所於 2004/2005 及 2005/2006 兩個結果年期之試驗結果，‘黃水晶’ 平均單果重約 16 g ± 0.9 g，顯著大於 ‘寧波金柑’ 及 ‘長實金柑’，後兩者介於 10.7 g ± 0.9 g 至 13.4 g ± 1.6 g之間。2004/2005 結果年期之 ‘黃水晶’ 縱徑平均爲 3.5 cm ± 0.1 cm，顯著較 ‘長實金柑’ 小而較 ‘寧波金柑’ 大，橫徑平均爲 2.9 cm ± 0.1 cm，顯著大於 ‘寧波金柑’ 及 ‘長實金柑’ 之 2.5 cm ± 0.1 cm 及 2.6 cm ± 0.1 cm。而

表 1. 2002 年至 2003 年結果年之 ‘台農 1 號 (黃水晶)’ (CS-88-1-137) 果實品質性狀。

Table 1. Fruit characteristics of kumquat ‘Tainung No.1 Citrine (CS-88-1-137)’[z].

Year	Weight per fruit (g)	Fruit length (cm)	Fruit diameter (cm)	TA[y] (%)	TSS (°Brix)
2002	18.2	3.2	3.1	0.40	17.2
2003	15.5	3.4	2.9	0.35	19.2

[z] It was 4-year-old seedlings in 2002; each value was the mean of 40 fruit.
[y] TA: titratable acid; TSS: total soluble solids.

2004/2005 結果年期之果實縱徑及橫徑在 3 個品種間雖差異未達 5% 統計上顯著水準，然 ‘黃水晶’ 之平均單果重仍顯著大於二個對照品種 (表 2)。在 2 個試驗年期之調查亦顯示，除果實大小之外，‘黃水晶’ 之食用品質較佳 (圖 1)。其果實中心柱約 0.66 cm ± 0.1 cm，種子數約 4–5 顆，可溶性固形物含量介於 14.4°Brix ± 0.4°Brix 至 15°Brix ± 0.8°Brix 之間，可滴定酸含量介於 0.57% ± 0.04% 至 0.63% ± 0.02% 之間，皆與 ‘長實金柑’ 差異達 5% 統計上顯著水準；而與 ‘寧波金柑’ 較為相近，僅種子數及可溶性固形物含量在 2005/2006 結果年期達 5% 之顯著差異 (表 2)。‘長實金柑’ 可溶性固形物在 11 月中旬後明顯增加，在 12 月上旬達到最高，之後逐漸降低；可滴定酸含量自 11 月中旬後可由先前高達 2.19% ± 0.06% 在 12 月上旬時降至 1.07% ± 0.05%，然延遲至翌年 1 月下旬後再呈增加趨勢。‘寧波金柑’ 可溶性固形物同樣自 11 月中旬明顯增加，在 12 月中旬達到最高，之後明顯降低，因可滴定酸含量自調查初期至 2 月分採收時皆無明顯變化，顯示延遲至 1 月上旬之後，風味可能變淡。‘黃水晶’ 可溶性固形物自 12 月中旬後即為 3 個參試品種中最高者，而在翌年 1 月中、下旬達到最高，之後逐漸降低；可滴定酸含量自 12 月上旬可降至 0.71% ± 0.03%，至翌年 1 月底時可降至 0.57% ± 0.04%，然同樣在 2 月上旬再呈增加趨勢 (圖 1)，各年別隨物候條件略有採收適期之差異，然趨勢相似。綜上顯示，‘黃水晶’ 除種子數較 ‘長實金柑’ 多，稍微影響口感外，整體的食用品質表現顯著較 ‘長實金柑’ 優良。

中埔試區試驗

2006/2007、2007/2008 及 2008/2009 等 3 個結果年期，在嘉義縣中埔試驗區之結果顯示，‘黃水晶’ 之平均單果重介於 15.7 g ± 0.6 g 至 16.3 g ± 1.2 g 之間，縱徑為 3.4 cm ± 0.1 cm，橫徑為 2.9 cm ± 0.1 cm，皆顯著大於 ‘寧波金柑’，且差異達 5% 統計上顯著水準；而

表 2. 柑桔 - 金柑品系 (種) 比較試驗之果實性狀比較。

Table 2. Comparisons of fruit characteristics between kumquat ‘Tainung No.1 Citrine (CS-88-1-137)’ and two other examined comparable varieties at Chiayi Agricultural Experiment Station[z].

Year	Variety	Weight per fruit (g)	Length (cm)	Diameter (cm)	Peel thick-ness (cm)	Central axis (cm)	Seed number	TSS[y] (°Brix)	TA (%)	TSS/TA ratio
2004	Tainung No.1 Citrine	16.4 a[x]	3.5 b	2.9 a	0.37 ab	0.65 a	4.6 a	14.4 a	0.63 b	24.8 a
	Nagami kumquat	13.4 b	3.8 a	2.5 b	0.39 a	0.35 b	2.7 b	8.2 b	0.97 a	8.8 b
	Meiwa kumquate	10.7 c	2.9 c	2.6 b	0.31 b	0.61 a	5.1 a	12.9 a	0.46 b	28.3 a
2005	Tainung No.1 Citrine	16.3 a	3.5 a	2.9 a	0.39 a	0.67 a	4.3 b	15.0 a	0.57 b	26.5 a
	Nagami kumquat	12.0 b	3.3 a	2.6 a	0.35 a	0.50 b	2.1 c	11.3 c	1.07 a	10.6 b
	Meiwa kumquate	11.5 b	3.0 a	2.6 a	0.40 a	0.64 ab	5.8 a	13.3 b	0.47 b	28.3 a

[z] Citrine was 6-year-old seedlings in 2004.
[y] TSS: total soluble solids; TA: titratable acidity.
[x] Means followed by the same letters at the same column within the same year were not significantly different at 5% level by LSD test.

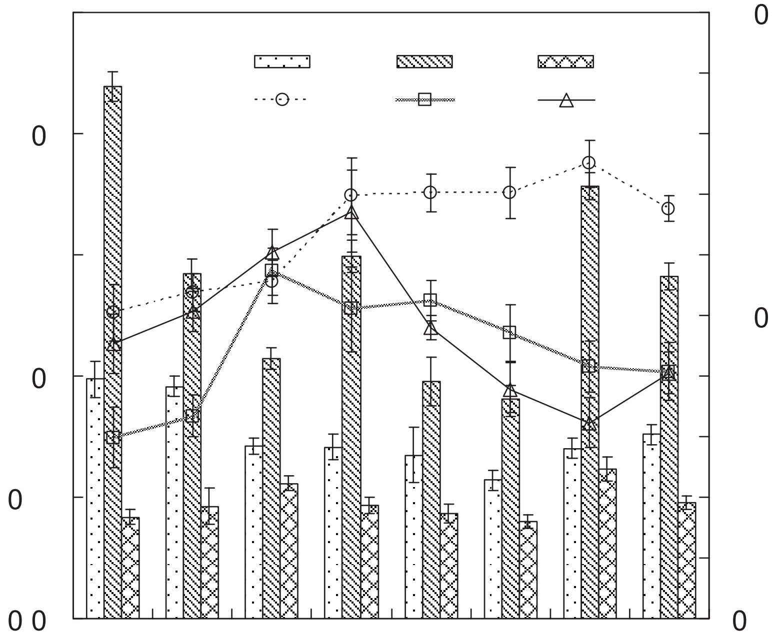


圖 1.　柑桔 - 金柑 ‘台農 1 號 (黃水晶)’ 與對照品種果實之可溶性固形物 (折線圖) 與可滴定酸含量 (直條圖) 變化之比較。

Fig. 1.　The total soluble solids (line charts) and titratable acidity (column chart) of kumquat fruits ‘Tainung No.1 Citrine’ and two other examined comparable varieties (‘Meiwa’ and ‘Nagami’).

‘長實金柑’ 則僅縱徑與 ‘黃水晶’ 較為相近，其餘二者皆顯著較低，顯示 ‘黃水晶’ 之果實較 2 個對照品種大。在食用品質方面，‘黃水晶’ 之果皮及絨層厚介於 0.4 cm ± 0.03 cm 至 0.46 cm ± 0.04 cm，中心柱介於 0.58 cm ± 0.09 cm 至 0.72 cm ± 0.1 cm，平均種子數約 4.5 ± 1.0 顆，可溶性固形物含量介於 14.7°Brix ± 1.2°Brix 至 18.1°Brix ± 0.9°Brix 之間，可滴定酸含量介於 0.55% ± 0.09% 至 0.87% ± 0.1% 之間 (表 3)，皆與 ‘長實金柑’ 差異達 5% 統計上顯著水準；而與 ‘寧波金柑’ 之差異表現歧異，種子數在 3 個結果年期皆無明顯差異，果實中心柱及可溶性固形物含量在 3 個年期中，僅 1 個年期差異達 5% 統計上顯著水準，而果皮及絨層厚和可滴定酸在 3 個年期中，有 2 個年期差異達 5% 統計上顯著水準。由此可知，‘黃水晶’ 在中埔試區之表現無論在果實大小及食用品質，皆優於 2 個對照品種。

果實貯藏特性試驗

貯藏前果實先經套袋，2008 年度僅於室溫下比較 ‘黃水晶’ 與 ‘長實金柑’ 之耐貯藏程度，2009 年分別貯於室溫及 10℃ 下，並增加 ‘寧波金柑’ 為另一對照品種，貯藏試驗期間皆為 1 個月。合併 2 個年期的試驗結果顯示，3 個供試品種在貯藏期間的失重率皆無明顯差異。然 ‘黃水晶’ 之腐損率明顯較 2 個對照品種低，介於 13.3% ± 1.5% 至 17.2% ± 1.5% 之間，而 2 個對照品種在室溫下貯藏，其腐爛率皆超過 60%，在 10℃ 下皆超過 20%。在綠蒂率之表現方面，‘黃水晶’ 可維持在 64.2% ± 3.2% 以上，而 2 個對照品種皆在 40% 以下 (表 4)，概皆顯示其貯藏優越性。

黃水晶與二個對照品種植物性狀之差異性

表 **3.** 嘉義縣中埔試區柑桔 - 金柑品種之果實性狀比較。

Table 3. Comparisons of fruit characteristics between ‘Tainung No.1 Citrine (CS-88-1-137)’ and two other examined comparable varieties at Jhongpu, Chiayi in regional trial [z].

Year	Variety	Weight per fruit (g)	Length (cm)	Diameter (cm)	Peel thickness (cm)	Central axis (cm)	Seed number	TSS [y] (°Brix)	TA (%)	TSS/TA ratio
2006	Tainung No.1 Citrine	16.3 a [x]	3.4 a	2.9 a	0.46 a	0.72 a	4.6 a	16.1 a	0.55 b	29.2 a
	Nagami kumquat	12.0 b	3.5 a	2.5 b	0.37 b	0.41 c	1.9 b	9.1 c	1.34 a	6.8 c
	Meiwa kumquate	9.4 c	2.8 b	2.5 b	0.34 b	0.60 b	5.0 a	14.1 b	0.38 c	37.3 a
2007	Tainung No.1 Citrine	15.7 a	3.4 a	2.9 a	0.40 a	0.69 a	4.4 a	18.1 a	0.87 b	20.8 b
	Nagami kumquat	12.8 b	3.6 a	2.5 b	0.34 b	0.43 b	2.2 b	10.8 b	1.79 a	6.0 c
	Meiwa kumquate	9.5 c	2.7 b	2.4 b	0.37 ab	0.66 a	6.0 a	16.4 a	0.66 c	24.9 a
2008	Tainung No.1 Citrine	16.1 a	3.4 a	2.9 a	0.42 a	0.58 a	4.6 a	14.7 a	0.61 b	23.9 a
	Nagami kumquat	12.3 b	3.5 a	2.5 b	0.34 b	0.36 b	2.1 b	8.1 b	1.17 a	6.9 b
	Meiwa kumquate	9.1 c	2.7 b	2.4 b	0.36 b	0.50 a	4.9 a	13.6 a	0.55 b	25.0 a

[z] It was 3-year-old trees grafted in 2006.
[y] TSS: total soluble solids; TA: titratable acidity.
[x] Means followed by the same letters at the same column within the same year were not significantly different at 5% level by LSD test.

表 **4.** 嘉義縣中埔試區柑桔 - 金柑品種之果實貯藏特性比較。

Table 4. Comparisons of storage duration of fruit between ‘Tainung No.1 Citrine (CS-88-1-137)’ and two other examined comparable varieties at Chiayi in regional trial [z].

Year	Variety	Weight loss (%)	Decay (%)	Green button (%)
2008	Tainung No.1 Citrine	1.7 ± 0.4 [y]	17.2 ± 1.5	64.2 ± 3.2
	Nagami kumquat	2.2 ± 0.6	71.1 ± 2.6	22.2 ± 1.9
2009 (25℃)	Tainung No.1 Citrine	2.4 ± 0.9	15.0 ± 1.0	76.7 ± 2.4
	Nagami kumquat	2.4 ± 1.3	60.0 ± 4.9	36.7 ± 4.4
	Meiwa kumquate	2.5 ± 1.2	61.7 ± 4.7	30.0 ± 3.3
2009 (10℃)	Tainung No.1 Citrine	0.7 ± 0.24	13.3 ± 1.5	70.0 ± 4.4
	Nagami kumquat	0.7 ± 0.17	20.0 ± 0.5	40.0 ± 1.5
	Meiwa kumquate	0.8 ± 0.24	26.7 ± 2.5	38.3 ± 2.1

[z] It was 5-year-old trees grafted in 2008.
[y] Each value was the mean of 60 fruit. Weight losses, decay and green button of symptoms of fruits were evaluated after 1 month of storage periods.

依「植物品種及種苗法」於申請植物品種權前，必須依據柑桔品種性狀檢定表進行調查，以瞭解該品種與對照品種之間確實具備可區別性。對照品種採用 2 項，一爲依規定採用形態上最接近之品種，即 ‘寧波金柑’；另一則採用目前國內主要栽培之品種，即 ‘長實金柑’。經 2 個結果年期的檢定結果顯示，‘黃水晶’ 之植物性狀與 ‘寧波金柑’ 較爲接近，二者間重要差異計有 9 項，摘列於表 5。其一爲 ‘黃水晶’ 之樹冠爲半圓形，樹勢較高大、強健，而 ‘寧波金柑’ 樹冠爲圓頭形，樹勢較弱且較矮小；其二爲 ‘黃水晶’ 之葉緣爲淺波狀圓鋸齒，而 ‘寧波金柑’ 則爲圓鋸齒；其三爲 ‘黃水晶’ 果實絨層白色，質地脆嫩，而 ‘寧波金柑’ 之絨層爲乳色且果肉質地介於脆嫩與柔軟之中等 (圖 2)。至於 ‘黃水晶’ 與 ‘長實金柑’ 二者間，則有 18 項重要差異。在樹姿方面，‘長實金柑’ 樹冠爲扁橢圓形，樹勢中等，葉緣爲圓鋸齒，皆與 ‘黃水晶’ 不同；‘黃水晶’ 之花瓣爲舌狀，果面很光滑呈短橢圓形，而 ‘長實金柑’ 之花瓣船形，果實橢圓形，果面質地中等，絨層乳色，果肉質地細嫩，亦可明顯區別；

表 5. 柑桔 - 金柑 '台農 1 號 (黃水晶)' 與對照品種之物候期與植物性狀比較 (2005 年至 2008 年，調查於嘉義縣)。

Table 5. Phenology and growth characteristics of 'Tainung No.1 Citrine (CS-88-1-137)' and two other examined comparable varieties at Chiayi (2005 to 2008).

Plant part	Growth characteristics	Citrine	Meiwa kumquate	Nagami kumquat
Tree	Shape of canopy	Semi-spheroid [z]	Spheroid	Oblate
	Tree vigor	Vigorous	Weak	Medium
Leaf	Shape of leaf	Broadly Lanceolate	Broadly Lanceolate	Broadly Lanceolate
	Leaf length (cm)	7.5 ± 0.8	7.3 ± 1.6	9.5 ± 1.4
	Leaf width (cm)	3.4 ± 0.4	3.3 ± 0.7	2.7 ± 0.6
	Leaf color	Dark green	Dark green	Dark green
	Color of young leaf	Light green	Light green	Light green
	Shape of petiole	Linear	Linear	Linear
	Blade length (cm)	0.8 ± 0.3	0.5 ± 0.2	0.6 ± 0.2
	Blade width (cm)	0.2 ± 0.04	0.2 ± 0.04	0.2 ± 0.04
	Leaflet apex shape	Acuminate	Acuminate	Acuminate
	Leaf base shape	Cuneate	Cuneate	Cuneate
	Leaf margin	Wavy-crenate	Crenate	Crenate
Flower	Color of flower bud	White	White	Greenish white
	Floral bud length (cm)	0.85 ± 0.1	0.85 ± 0.12	0.93 ± 0.09
	Floral bud width (cm)	0.60 ± 0.1	0.59 ± 0.03	0.56 ± 0.06
	Shape of petal	Tongue	Tongue	Boat
	Petal length (cm)	1.1 ± 0.1	1.0 ± 0.09	1.0 ± 0.12
	Petal width (cm)	0.48 ± 0.1	0.44 ± 0.1	0.35 ± 0.07
Fruit	Weight of per fruit (g)	16.3 ± 1.7	9.7 ± 3.8	12.1 ± 1.5
	Fruit shape	Short-ellipsoid	Short-ellipsoid	Ellipsoid
	Fruit color	Orange	Orange	Orange
	Nature of surface of fruit	Very smooth	Very smooth	Moderate
	Shape of apex of fruit	Convex	Truncate	Convex
	Shape of base of fruit	Convex	Truncate	Convex
	Albedo color	White	Cream	Cream
	Texture of pulp	Delicate	Medium	Tender
	Taste of pulp	Sourly sweet	Sourly sweet	Sour
	Off taste of pulp	Nil	Nil	Torpidity
	Average number of seeds per fruit (no.)	3.9 ± 0.5	4.6 ± 1.4	2.1 ± 0.4
Phenology	Flowering			
	Initial flowering date	Mid Apr.	Late Apr.	Mid May
	Date of full bloom	Early May	Early May	Late May
	Date of last bloom	Mid May	Late May	Mid Jun.
	Off bloom stage			
	Date of first bloom	Late Jul.	Early Aug.	Early Aug.
	Date of full bloom	Early Aug.	Mid Aug.	Mid Aug.
	Date of last bloom	Mid Aug.	Early Sep.	Late Aug.
	Mature season	Mid Jan. to early Feb.	Early Dec. to late Jan.	Late Nov. to mid Jan.

[z] The underlined characteristics of a variety were different from those of 'Tainung No.1 Citrine (CS-88-1-137)'.

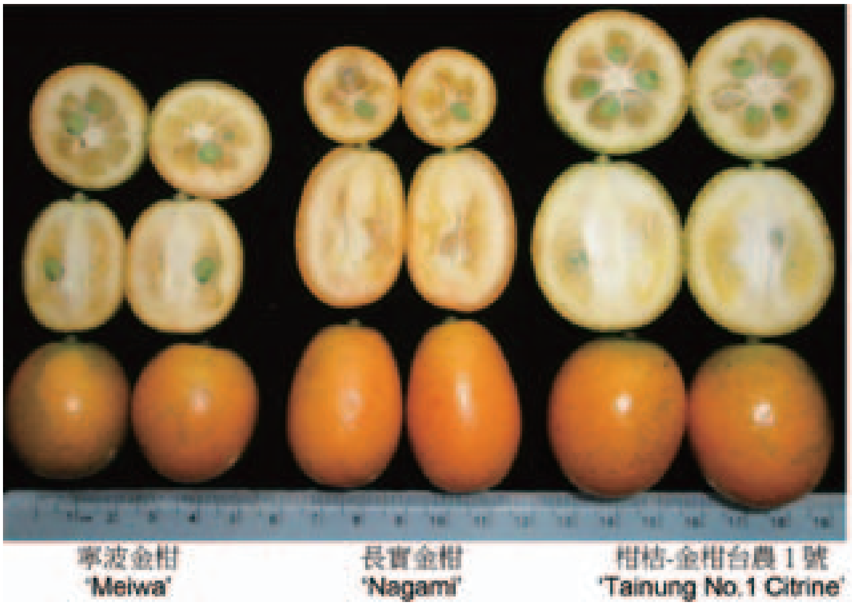


圖 2. 柑桔 - 金柑 ‘台農 1 號 (黃水晶)’ 與對照品種果實之性狀比較。

Fig. 2. The appearance of kumquat fruits ‘Tainung No.1 Citrine’ and two other examined comparable varieties (‘Meiwa’ and ‘Nagami’).

‘黃水晶’ 風味甜而微酸，果肉無明顯異味，而 ‘長實金柑’ 果肉食味酸且帶麻味及苦味。此外，‘黃水晶’ 與 ‘長實金柑’ 之開花及果實成熟期也有差異 (表 5)。

討論

柑桔果皮油胞層含有口感可嘗出之辛辣、麻味或苦味等物質 (Kefford & Chandler 1970)，例如香豆素 (coumarins)、補骨脂 (psoralens) (Fisher & Trama 1979)、檸檬烯 (d-limonene) 或芳樟醇 (linalool) 等，且在貯放過程亦可生成呋喃酮 (furaneol) 和萜品醇 (α-terpineol) 等異味物質 (Naim *et al.* 1998)，故果皮一般不被用於鮮食。而金柑為全果食用之果樹類作物，不論果皮或果肉所含之物質，終將影響適口性之表現。以 ‘長實金柑’ 為例，在果實經全果研磨榨汁後，可滴定酸達 1.95%，且含 11 mg L^{-1} 的檸檬苦素 (limonin) (Sheu *et al.* 2006)。因此，早期學者即指出 ‘長實金柑’ 因果皮帶苦味且果肉酸，不宜生食，適於糖漬或製蜜餞 (Yang 1951)。尤其鮮食消費無法以加工技術將這些異味 (off-flavors) 物質去除，故雖有少部分果實用於鮮食，然消費量未能增加。而 ‘寧波金柑’ 果實風味雖然適合鮮食，唯果實重量約 10 g (Yang 1951)，且在國內栽培時產量亦偏低，較不受栽培者接受。因此，兼具食用品質與理想果實大小及產量，為本試驗評估金柑品種之重要目標之一。

‘黃水晶’ 為兼具鮮食適口性及可採收果實數量較 ‘寧波金柑’ 為多之鮮食金柑品種。在中埔試驗區連續 3 年調查顯示，‘黃水晶’ 雖因受鳥害而使採收果實顆數不如 ‘長實金柑’，但顯然較 ‘寧波金柑’ 更多，且各別年的採收顆數差異不大，顯示沒有明顯的隔年結果情形。此外，‘黃水晶’ 可採收果實數受鳥害發生程度之影響，據調查時計算，當果實開始轉色初期，枝梢上完好果實與被鳥啄食過果實之比率約為 3：1，期中逐漸增加被害果之比率至約為 1：1，接近果實完全成熟時，則枝梢上可見之果實除非套袋，否則幾乎全受鳥啄為害。因此，若能在果實達轉色期時進行套袋，則 ‘黃水晶’ 之可採收數應可更多。‘黃

水晶’ 之採收期約為結果翌年之元月中旬至 2 月上旬，約較 ‘長實金柑’ 晚 1.5 個月而較 ‘寧波金柑’ 晚 1 個月 (表 6)，經貯藏 1 個月後損耗仍低，故本品種具有可延長舊曆年後才上市供應鮮食柑桔市場之潛力。

‘黃水晶’ 的優缺點

綜合本試驗之結果，歸納出以下 ‘黃水晶’ 的優缺點：

優點：本品種果皮果肉皆甜，且質地脆嫩，果皮食用時不具明顯麻味及苦味，鮮食品質優良。在未進行套袋或其他防鳥措施的情況下，採收量雖不如 ‘長實金柑’，但明顯高於 ‘寧波金柑’。因果實組織較充實，貯藏性較 2 個對照品種優良，具備可延長供果期之潛力。

缺點：本品種種子數較 2 個對照品種稍多，另需加強果實轉色後之防鳥措施，以免影響可採收果實數量之表現。

誌謝

本研究承蒙行政院農業委員會經費補助 [計畫編號：88 至 90 農科 -1.1.2- 糧 -11、92 至 93 農科 -1.1.2- 農 -C1、94 至 95 農科 -1.3.2- 農 -C2、96 至 98 農科 -4.2.2- 農 -C2]，黃槿綉及黃冠榮協助嘉義分所內選種果園之管理，鄭憶雯協助果實品質分析，官美賢協助性狀調查及育種資料整理，劉福成先生協助區域試驗，謹誌謝忱。

引用文獻

Chiayi Experiment Station, TARI. 1999. Citrus. p.1–49. *in*: Compendium of Crop Cultivars in Taiwan. Ever-green Fruits. Council of Agricultural, Executive Yuan Pub., Taipei. (in Chinese)

Fisher, J. F. and L. A. Trama. 1979. High-performance liquid chromatographic determination of some coumarins and psoralens found in citrus peel oils. J. Agric. Food Chem. 27:1334–1337.

Kefford, J. F. and B. V. Chandler. 1970. The Chemical Constituents of Citrus Fruits. Academic Press. New York. 246 pp.

Naim, M., R. L. Rouseff, U. Zehavi, O. Schutz, and E. Halvera-Toledo. 1998. Chemical and sensory analysis of off-flavors in citrus products. p.303–319. *in*: Flavor Analysis. Vol. 705. (Mussinan, C. J. and M. J. Morello, eds.) American Chemical Society. Washington. 389 pp.

Sheu, M. J., J. W. Lin, and J. J. Shy. 2006. Quality changes of comminuted kumquat (*Fortunella margarita* swingle) juice during pasteurization, pectinase, and adsorbant resin treatments. J. Taiwan Soc. Hort. Sci. 52:457–466. (in Chinese with English abstract)

Yang, C. F. 1951. Manual of Fruit Trees in Taiwan. Chiayi Exp. Sta., TARI. Chiayi. 272 pp. (in Chinese)

表 6. 嘉義縣中埔試區柑桔 - 金柑品種之絨層厚度及採收期比較。

Table 6. Comparisons of albedo thickness and harvest date between ‘Tainung No.1 Citrine (CS-88-1-137)’ and two other comparable cultivars examined at Jhongpu Chiayi in regional trial ^{z}.

Year	Variety	Albedo thickness ^{y} (mm)	Harvest date (month/day/year)
2006	Tainung No.1 Citrine	4.6 ± 0.3	Feb. 03, 2007
	Nagami kumquat	3.7 ± 0.4	Jan. 12, 2007
	Meiwa kumquate	3.4 ± 0.4	Jan. 26, 2007
2007	Tainung No.1 Citrine	3.9 ± 0.5	Jan. 12, 2008
	Nagami kumquat	3.5 ± 0.5	Dec. 01, 2007
	Meiwa kumquate	4.0 ± 0.6	Dec. 29, 2007
2008	Tainung No.1 Citrine	4.2 ± 0.4	Feb. 03, 2009
	Nagami kumquat	3.4 ± 0.2	Nov. 26, 2008
	Meiwa kumquate	3.6 ± 0.2	Dec. 10, 2008

^{z} It was 3-year-old trees grafted in 2006.
^{y} Each value was the mean of 60 fruit.

A New Variety of Kumquat (*Fortunella crassifolia* Swingle) ‘Tainung No.1 Citrine’

Chia-Hui Tang[1,*], Ming-Hsiung Lu[2], and Wu-Hsiung Tsai[3]

Abstract

Tang, C. H., M. H. Lu, and W. H. Tsai. 2013. A new variety of kumquat (*Fortunella crassifolia* Swingle) ‘Tainung No.1 Citrine’. J. Taiwan Agric. Res. 62(1):83–91.

A new kumquat variety ‘Tainung No.1 Citrine’ has been selected and released jointly by the Chiayi Agricultural Experiment Station of Taiwan Agricultural Research Institute and National Chiayi University in July of 2009. There are two distinctive characteristics of this newly released variety. Firstly, its fruit has better eating quality than ‘Nagami’ kumquate, with sweet sour taste, desirable soluble solids (16.4°Brix) and low titratable acid (0.57%). Secondly, its fruit has a larger weight than ‘Meiwa’ kumquat, more than 16 g per fruit. Fruit of this variety can be harvested from the middle of January till early February, approximately 1.5 month later than major variety ‘Nagami’ kumquat. However, the harvest season can be managed to early December at time when color of fruit peel turning pale green.

Key words: Breeding, Texture of pulp, Taste of pulp, Storage ability.

Received: September 3, 2012; Accepted: January 17, 2013.

* Corresponding author, e-mail: tang@dns.caes.gov.tw

1 Assistant Research Fellow, Chiayi Agricultural Experiment Station, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

2 Adjunct Professor, Department of Horticultural Science, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan, ROC.

3 Retired Research Fellow and Director, Chiayi Agricultural Experiment Station, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

「台灣農業研究」稿約

102.01.18 修訂

一、 本刊為行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性期刊 (季刊)，刊登國內、外農業試驗研究相關之研究稿件：

論　　說：由本所期刊編審會邀請專家撰寫。

研究報告：關於農業科學未曾發表之研究報告，按題目、作者、摘要、前言、材料與方法、結果、討論、結論 (一般略去，或併入討論)、誌謝 (可略去)、引用文獻等依序撰寫，表與圖附於其後，全文以不超過 10 印刷頁為原則。其中，‘結果’ 與 ‘討論’ 如有必要，可合併成 ‘結果與討論’。

研究簡報：關於農業科學未曾發表之簡短原始研究報告，不須分章節撰寫 (可參照研究報告次序)，但須附中英文摘要，全文以不超過 4 印刷頁為原則。

二、 稿件應以中文或英文撰寫，以文書軟體 MS WORD® 格式儲存成檔案 (檔案類型以 Word 97–2003 文件為佳)。文稿以 A4 大小 (長 29.6 cm，寬 21 cm) 兩倍行高 (double space) 繕打，加行號，12 號字體，左邊對齊，版面應預留上下 3 cm，左右 2 cm 之空間，並自第二頁起在右下角以阿拉伯數字註明頁數。撰寫時，中文以細明體、英文以 Times New Roman 字體打字；英文字距及句距皆一字節。

三、 投稿者在本刊線上投審系統首頁點選 ‘投稿者區域’，在一般稿件提交區點選 ‘作者提交新稿件’ 進入，確認及點選稿件已依照稿約撰寫無誤後，下一步即填寫稿件資料，務請填寫封面信函，再依序填寫作者資料、上傳檔案及確認提交。本刊線上投審系統僅接受一位通訊作者，稿件如有多位通訊作者，務請註明於封面信函中，否則不受理，本刊將於稿件接受刊登後逕予加註多位通訊作者。

四、 稿件格式：

題　　目：宜簡短，能充分反應文旨，並附簡題 (Running title) (中文 12 字；英文 6 字以內為原則)。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫。報告如有機關所屬編號，請列於誌謝。

作　　者：作者姓名置中，作者二人或二人以上時，以中文一全形空格間隔之；英文姓名則名在前姓氏在後，作者二人或二人以上時，以 “ , ” 相隔，最後一人前加 “and” 字樣，其表示方法如 Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen, and Chyr-Guan Chen。每一作者須附小註，以說明所屬機關單位與職稱，通訊作者附予星號 “ * ”，並須附電子郵件信箱。題目與作者同置第一頁。

摘　　要：不分段落、宜簡潔明確。摘要之前應加作者、年代、題目、期刊、及卷期，摘要之後應附關鍵詞 (Key words)，關鍵詞不超過五個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫。摘要以不超過五百字為原則。以中 (英) 文發表者須附英 (中) 文摘要，置於本文之後，且內容須與中 (英) 文摘要相符，並附通訊作者、作者之小註。

本　　文：依序為前言 (INTRODUCTION)、材料與方法 (MATERIALS AND METHODS)、結果 (RESULTS)、討論 (DISCUSSION)、結論 (CONCLUSIONS)、誌謝 (ACKNOWLEDGMENTS)、引用文獻 (REFERENCES)。除學名、專有名詞、化學式、數學公式、數字、度量衡單位及縮寫外，文句中不得中外文並用，需使用英 (外) 文以助明瞭時，須將英 (外) 文括號置於中文之後。材料與方法、結果兩部份如有必要須分段 (節)，每一段內並可再分小段，以助明瞭文稿內容。各段題目 (heading) 單行置於該段之前，小段題目 (subheading) 直接置於小段之首。如因結果繁複不易聯接討論，可

合併成‘結果與討論 (RESULTS AND DISCUSSION)’。

表　　格：

1、每一表格應分別繕製，須以 MS WORD® 中“表格”工具製作，上方須有標題，以句點結尾，並按文中出現順序加上表 **1. (Table 1.)**，表 **2. (Table 2.)** 等冠號。

2、中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。單位使用 SI units (如 $\mu g\ L^{-1}$、$Mg\ ha^{-1}$)，一律單數、英文字母。

3、表格應加分析、簡化與歸納後始可列表。每一表格應在文中標示清楚，以便對照，且每一表格應單頁製作。

4、表中內容如需說明，均須附加小註，以 z, y, x, …等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依次敘述。表格僅列橫線。星號“* (5% 顯著性水準)”、“** (1% 顯著性水準)” 保留統計顯著性使用。

5、性質類同之圖與表，務請精簡與合併。

圖　　片：

1、手繪圖版以黑色墨水於白色紙上分別繪製，掃描後存成 JPG 電子檔 (或 JPEG 電子檔) 上傳。如以電腦繪圖，力求清晰，亦存成 JPG 檔 (或 JPEG 檔) 上傳，或直接貼於本文之後。

2、圖中所有標示應以英文書寫 (Arial 字型) 或註明於標題之後。

3、照片以光面紙為原則，清晰度以縮小 50% 可判讀為宜。多幅照片儘量製成併版；如有特別指明，應加圈或箭頭表明。顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面 (25 cm × 18 cm) 為宜，掃描後存成 JPG 檔 (或 JPEG 檔) 上傳，解析度 300 dpi 或以上，或直接貼於本文之後。

4、圖版及照片應有標題，並按文中出現的順序加上圖 **1. (Fig. 1)**、圖 **2. (Fig. 2)** 等冠號，在文中須標示清楚，以便對照。中文稿標題應中英文併列，英文稿標題以英文書寫即可，力求明確。

5、除併圖外，每一圖片應單頁製作。

6、照片、圖片之單獨電子檔檔名應註上冠號及作者姓名 (如 Fig. 1_CM Yang)，以免編印錯誤。

誌　　謝：不分段落，包括人物、經費來源、報告之機關賦予編號等。誌謝可略去。

引用文獻：

1、列舉確實曾引用之文獻。文獻以登載於學術性期刊、書籍、研討會之文章及學位論文為限 (不含推廣報告)，如引用網路學術性報告，須加註瀏覽、下載日期及網址路徑。文中涉及引用文獻時，根據該文獻的作者與年代加以括號：如 (Sung 1991)、(Lo 1991, 1992)、(Chen & Ho 1983)、(Sung 1991; Hsu *et al.* 1992)，以年代先後為序置於引用文處。

2、文獻一律以英文撰寫，以姓名字母為序。作者相同時以年代先後為序。

3、文獻之書寫方法以期刊為例，依序為作者、年代、題目、期刊、卷數、頁數。在每卷每期之頁碼都從數字 1 開始的期刊，才必須加上期數。

4、期刊名須依該期刊公告之縮寫撰寫；如無者，請參照 Biosciences Information Service (1992) 出版之 “Serial Sources for the BIOSIS Previews Database” 或依該學術領域之慣例撰寫。

5、文獻書寫範例如下：

(1) 原中文報告引用文獻出自學術性期刊

Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of

greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34–43. (in Chinese with English abstract)

(2) 原中文報告引用文獻出自著作性書籍

Sung, J. M. 1991. Nitrogen Metabolism of Rice. Chinese Agronomy Press. Taipei. 100 pp. (in Chinese)

(3) 原中文報告引用文獻出自編輯性書籍

Yang, C. M. and C. Y. Lin. 2003. Studies on rice precision farming system. p.1–12. *in*: Rice Precision Farming System. (Yang, C. M. and C. Y. Lin, eds.) Taiwan Agric. Res. Inst. Pub. No. 105. Taichung. 252 pp. (in Chinese with English abstract)

(4) 原中文報告引用文獻出自研討會專刊

Chang, C. A. 2001. Application and extension of virus-free seedling for the control of virus diseases of passion fruit in Taiwan. p.31–38. *in*: Proceeding of Symposium on Application of Healthy Plant for Control of Plant Diseases. November 24, 2001. Taichung, Taiwan. Taiwan Phytopathol. Soc. Publ., Taichung. (in Chinese with English abstract)

五、 單位、縮寫格式、括號及統計分析

1、凡文中出現之數值，除非另有特別之意義，一律用阿拉伯數字書寫。數字在句首之英文稿，改以文字表示。單位則用國際公認標準符號 (SI units) 代替全文，各常用之縮寫單位參照說明如下：

(1) 長度：公里 (km)、公尺 (= 米) (m)、公分 (= 厘米) (cm)、公釐 (= 毫米) (mm)、微米 (μm)。

(2) 重量 (W)：公噸 (Mg)、公斤 (kg)、公克 (g)、毫克 (mg)、微克 (μg)。

(3) 容積 (V)：公升 (L)、公撮 (= 毫升) (mL)、μL。

(4) 面積：公頃 (ha)、平方公尺 (m^2)、平方公分 (cm^2)。

(5) 溫度：攝氏 (℃)、絕對溫度 (K，但須加以說明)。

(6) 時間：日 (天) (d)、時 (h)、分 (min)、秒 (s)。

(7) 濃度：莫耳 (M)、千分之一莫耳 (mM)、當量 (N)、千分之一當量 (mN)。

(8) 重力加速度：*g*。

(9) 分子量：kDa。

(10) 肥料三要素：如以肥料種類 N-P_2O_5-K_2O，如以元素 N-P-K。

2、其他之縮寫：平均 (*avg.*)、大約 (*ca.*)、直徑 (diam.)。

3、括號：括號字型全以半形 ( )，括號前後各空一格。

4、統計分析：達顯著性水準以 *、** 或處理間顯著差異區分，以 a、b、c、…表示者均應加註顯著機率值 *P* (例如 $P < 0.01$)；各統計量請採慣用符號，例如相關係數 (*r*)、決定係數 (R^2)、變異係數 (cv)、標準差 (sd)、平均值標準差 (se) 等。

5、其他問題：

(1) 單位與其前面數值之間應空一格，如 220 g。

(2) 數學運算符號與其前後數值之間應各空一格，如 $P = 0.014$、23.6 ± 3.0、15×2。

(3) 在 ±、× 或 to 的前後兩數值若是含有單位，請用 23.6% ± 3.0%、15 cm × 2 cm、20℃ to 30℃ (即勿省略前面數值之單位)。

(4) 數值起迄符號用 – (半型破折號)，勿用 ~ 或 -，且與前後兩數值之間無須留空格，如 3–6、2005–2007 年、7 月 20–25 日。

(5) 年代一律用西元。

六、 其他注意事項

1、本刊採網路線上投審，來稿請至本刊線上投審系統網址 (http://aspers.airiti.com/Aspers/WebHome.aspx) 進行投稿作業，投稿前務請詳閱稿約及投稿須知，並可參閱最新一期報告。

2、生物學名以斜體字表示，屬名第一字母大寫。學名於摘要、本文、每一圖表中第一次出現時，須寫全名，如 *Citrus sinensis*；第二次出現時，屬名保留第一字母後加句點 " . "，種名全寫，如 *C. sinensis*。生物學名於本文中首次出現時應加註命名者。

3、中文稿件中，外文名詞應儘量翻譯成中文，若是不常見名詞應於文中第一次出現時以括號標出原文。摘要及本文中，英文縮寫於第一次出現時，須附全名。

七、投稿方式

1、稿件內容務須依照上列規定格式書寫及線上投稿，本期刊編審會保有修改與退稿之權利。文稿經本期刊接受後，由作者負責前二校。除筆誤與錯字外，作者在校稿時，不得擅自更改內容與數據。

2、投稿前請詳閱稿約及參見最一期刊登報告，投審稿件程序請上網參閱本期刊網址：http://aspers.airiti.com/Aspers/webHome.aspx?jnliid=J0042。

八、投稿本期刊之稿件，不得投稿其他刊物。稿件經本期刊接受後，刊登權屬發行單位農業試驗所所有，非經本所書面同意，不得轉載或移轉他處發表。本刊具專屬版權，恕不受理一稿兩投之文章 (已刊載或投寄國內外有版權刊物之文章，請勿再投稿本刊)。若有上述情事除依相關法律處理責由作者自負外，本刊將列入紀錄永不受理其投稿。

九、其他未盡事宜本期刊得隨時修正或補充。

Journal of Taiwan Agricultural Research
Instructions to Authors

Revised on 18 January 2013

General Information

The *Journal of Taiwan Agricultural Research* (JTAR) is published four issues annually by the Taiwan Agricultural Research Institute (TARI). Researchers and scientists willing to make the contribution in the fields of agricultural development by publishing their full papers of original research, reviews, or short communications in the Journal are highly welcome and appreciated. Research staff affiliated with TARI is not a requirement for publishing in JTAR. All manuscripts should be submitted online at the Journal's website, http://aspers.airiti.com/Aspers/webHome.aspx?jnliid=J0042. Follow its instructions. Submissions to JTAR must not simultaneously submit to any other scientific or technical journal.

Scope

After critical review and approval by the editorial board, JTAR publishes articles in plant science; biotechnology; agricultural chemistry; plant protection; agricultural engineering; agricultural economics and extension; industrial strategic management; biostatistics; and bioinformatics. Articles reporting experimentation or research findings in these fields will be peer-reviewed as research articles. Short articles (no more than 4 pages) concerned with experimental techniques, results, or unique phenomena will be peer-reviewed as short communications. Review articles will be under invitation by the editorial board of JTAR.

Style

See the latest issue of JTAR for style and layout. General rules are as follows:

- All abbreviations should be defined at first mention and in tables and figures, and be used throughout the entire article.
- The Latin names of organisms (e.g., plants, pathogens, insects and pests) must always list when appeared at first appearance (in ABSTRACT or text). Give the complete binomial and authorities.
- At first listing both the common and chemical names of pesticides must be given.
- SI units must be used in the manuscript.
- Use the 24-h time system (e.g., 0200 and 1400) and abbreviate dates such as 3 October 2012 or 03/10/2012.
- Except when used with units, spell out numbers one through nine. Put commas for the decimal separator (e.g., 1,356,078 and 6,078) and place a zero before the decimal point (e.g., 0.6078 and 0.078).

Preparation of Manuscript Files

All submitted manuscript files should write in Chinese or English and save it in Microsoft Word 2003–2007 (preferred version) or later versions (.doc files or .docx files). Other word processing software

is not accepted. High-resolution figure files may be included in manuscript or submitted separately in forms of .jpg files or .doc files or .docx files, one figure per file. Do not use word processing features such as automated bulleting and numbering, head and subhead formatting, or internal linking. Text should be typed in A4 size (29.6 cm long, 21 cm wide) in double-spaced and be numbered and aligned to the left side, while tables use single-spaced. Only one font and size (font no. 12) is used. Provide the document with an upper and lower margin of 3 cm and a left and right margin of 2 cm. Starting from the second page, indicate the page number on the lower right corner. When typing the manuscript, use the font of MingLiu (細明體) for Chinese and Times New Roman for English. Leave a single space between each English word and sentence.

The author submitting the manuscript should click on "Authors" on the front page of Journal's Online Submission and Review System. Under "Author" page, click "Submit a new manuscript." Confirm submission checklist and then complete the information related to the manuscript including a cover letter. Follow the sequence and instructions to fill out and upload the information. The system accepts only one corresponding author. If the manuscript has more than one corresponding author, indicate them in the cover letter. The remaining corresponding authors will be added to the manuscript when it has been accepted.

JTAR adopts a double-blind review for all submitted manuscripts. Reviewers will be able to download the submitted files that authors upload to the system. There are three main types of articles published by JTAR, i.e., "Reviews," "Research Articles," and "Short Communications."

Reviews. A review article is invited by editors of JTAR and will be reviewed and revised to assure an appropriate style and content.

Research Articles. Write a research article according to the mentioned scope in the following sequence: title, author(s), abstract, and text. Attach tables, figure captions, and figures at the end of text. In general, each manuscript should not exceed 10 printed pages.

Short Communications. An article that has a size less than 4 printed pages concerned with experimental techniques, results, or unique phenomena may be published as a short communication when accepted.

Title. A title highlights the subject and purpose of the article briefly but clearly. Use common names of crops, avoid abbreviations, and limit words where possible. Except prepositions and connectives, capitalize each word in the English title. Write down the suggested running title, with no more than twelve Chinese characters or six English words, in the next sentence.

Author. List names of all authors below the title and place an asterisk after the corresponding author. The next sentence lists professional titles, institutions and complete addresses of all authors. Provide e-mail address of the corresponding author. Place title and author(s) on the same page.

Abstract. Each article has a single self-contained paragraph, containing the rationale, objectives, methods, results, and their meaning or scope of application specifically. Identify the important details to interpret the results but try not to exceed five hundred words. Do not cite references and avoid equations. In the next sentence, include no more than five key words and capitalize the first letter of each word. If the manuscript written in Chinese (English), place English (Chinese) abstract after the main text of the manuscript.

Text. The text includes the following sections in sequence: INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS, RESULTS, DISCUSSION, CONCLUSIONS (optional), ACKNOWLEDGMENTS (may be omitted), and REFERENCES. If required, combine the results and discussion section into "RESULTS AND DISCUSSION," and incorporate the conclusions into the discussion. If there is an appendix, place it before the references. Except necessary, do not mix English with other languages. If required, place headings and subheadings at the head of paragraphs of the sections MATERIALS AND METHODS and RESULTS.

Tables. Prepare tables with the tables feature of MS WORD®; do not use tab keys, space bars, or graphics boxes. Number tables consecutively with one table per page. Place tables at the end of text. Each datum needs to be contained in a defined cell. Table heads should be complete and self-contained but brief. All variables should be defined and abbreviations be spelled out in table footnotes. Follow the order of z, y, x, w, v, u, ... The *, **, and *** are used only to show statistical significance at the 0.05, 0.01, and 0.001 probability levels, respectively. Lack of significance indicates as NS. Asterisks or letters next to values indicate statistical significance and should align them in the same cell as the value. All footnotes should be set on separate lines. Capitalize only the first word in a row of the body of a table with the exception of proper nouns. Use only SI units (e.g., $\mu g\ L^{-1}$ and $Mg\ ha^{-1}$) in the singular forms.

Figures. Provide clear contrast figures in high-resolution JPG files and upload them on-line as individual files or attach them after tables; one figure one page. Name the individual figure files (e.g., Fig. 1_CM Yang) to avoid print errors. Keep relative sizes of symbols, letters, and numbers as the original should be larger than the intended final size. Use English for letters in Arial font. Explain curves or symbols in a legend within the figure. JTAR will publish figures in black and white. Color figures, images, photos or maps are subject to the agreement of the editorial board. Photographs and drawings for graphs and charts should be prepared with good contrast of dark and light and no more than the size of 25 cm × 18 cm. Use English for figure captions and separate captions for figures. A caption should be concise but given in sufficient detail. Define the crop or soil involved, the major variables presented, the place and year, and the abbreviations and symbols used in the caption. Indicate the scale for illustrations.

Acknowledgments. If required, provide it in a single paragraph. List institutional sponsors, the institutional article number, and contribution acknowledgment.

References. The reference section lists published literature and unpublished reports, theses, and dissertations cited in the manuscripts. Alphabetize the list by the surnames of the first author, followed by the other authors. Cite unpublished data, personal communications, and reports in the text only (in parentheses). Give the authors, year, complete article title, abbreviated journal title, volume number, and inclusive pages for journal articles. Give the authors, year, chapter title, pages, complete book title, book editor, publisher, and place of publication for book chapters. Add also the place and date of the conference for proceedings. For electronic references and others, see the current issues of JTAR. Single author references precede multiple-author references for the same first author. Use chronological order for references with identical authorship. Add a lowercase letter (i.e., a, b, c, etc.) to the year to identify same-year or multiple-author references for text citation. Write the author and year of the cited references inside parentheses; for example, (Chen & Ho 1983; Sung 1991; Hsu *et al.* 1992). Refer to the "Serial

Sources for the BIOSIS Previews Database" published by Biosciences Information Service (1992) for the abbreviations of an academic journal. Some reference examples:

- Reference from an academic journal written in Chinese:
  Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34-43. (in Chinese with English abstract)
- Reference from a book written in Chinese:
  Sung, J. M. 1991. Nitrogen Metabolism of Rice. Chinese Agronomy Press. Taipei. 100 pp. (in Chinese)
- Reference from an edited book written in Chinese:
  Yang, C. M. and C. Y. Lin. 2003. Studies on rice precision farming system. p.1-12. *in*: Rice Precision Farming System. (Yang, C. M. and C. Y. Lin, eds.) Taiwan Agric. Res. Inst. Pub. No. 105. Taichung. 252 pp. (in Chinese with English abstract)
- Reference from a proceedings written in Chinese:
  Chang, C. A. 2001. Application and extension of virus-free seedling for the control of virus diseases of passion fruit in Taiwan. p.31-38. *in*: Proceeding of Symposium on Application of Healthy Plant for Control of Plant Diseases. Taichung, Taiwan. November 24, 2001. Taiwan Phytopathol. Soc. Publ., Taichung. (in Chinese with English abstract)

Units, Abbreviations, and Statistical Analysis

Use the SI system (Systéme International de Unités) in JTAR. Some commonly used abbreviated units:

- Length: kilometers (km), meter (m), centimeter (cm), millimeter (mm), micrometer (μm)
- Weight (W): ton (Mg), kilogram (kg), gram (g), milligram (mg), microgram (μg)
- Volume (V): liter (L), milliliter (mL), microliter (μL)
- Surface: hectare (ha), square meter (m^2)
- Temperature: Celsius (℃), absolute temperature (K, but must be indicated)
- Time: day (d), hour (h), minute (min), second (s)
- Concentration: mole (M), millimole (mM), normal (N), millinormal (mN)
- Gravitational acceleration: *g*
- Molecular weight: kDa
- Three macronutrients in fertilizers: element—N-P-K; equivalent quantity—$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$

Other abbreviations:

- Average: *avg.*
- Approximate: *ca.*
- Diameter: diam.

Statistical analysis. Manuscripts should contain enough details of experimental design so that the results can be judged for validity and repeatability. The symbols * and ** are used to show differences in statistical significance. Add *P* value (e.g., $P < 0.01$) when a, b, c... are used to classify statistical significance. Examples of commonly used symbols: *r* for correlation coefficient, R^2 for coefficient of determination, cv for coefficient of variation, sd for standard deviation, and se for standard error.

Accepted Manuscripts

When a submitted manuscript is accepted, corresponding author will receive notification from an editor or editor-in-chief, and the accepted files will be used for press. Authors are responsible for obtaining all permissions for use of materials in the manuscripts from other publishers and should notify the editor at the time the manuscript is accepted. JTAR reserves the right to publish and republish any parts submitted with a manuscript.

Plagiarism

Manuscripts may be screened for plagiarism upon submission. If there appears significant duplicate content with other sources, the manuscript will be forwarded to the journal editor for evaluation and action.

Editorial Board

Editor-in-Chief

Yang, Chwen-Ming
Taiwan Agricultural Research Institute

Editors

Ann, Pao-Jen
Division of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute

Chen, Chi-Chung
Department of Applied Economics, National Chung Hsing University

Chen, Chien-Chung
Division of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute

Chen, Chiling
Division of Agricultural Chemistry, Taiwan Agricultural Research Institute

Chen, Chung-Li
Department of Agronomy, National Chung Hsing University

Chen, Fure-Chyi
Department of Plant Industry, National Pingtung University of Science and Technology

Chen, Su-Ming
Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University

Chien, Li-Hsien
Department of Applied Economics, National Chung Hsing University

Guo, Horng-Yuh
Division of Agricultural Chemistry, Taiwan Agricultural Research Institute

Hou, Feng-Nan
Department of Entomology, National Chung Hsing University

Huang, Chao-Chia
Division of Crop Science, Taiwan Agricultural Research Institute

Huang, Pung-Ling
Department of Horticulture & Landscape Architecture, National Taiwan University

Kao, Ching-Huei
Department of Agronomy, National Taiwan University

Ko, Wen-Hsiung
Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University

Lu, Hsiu-Ying
Taiwan Agricultural Research Institute

Ou, Shyi-Kuan
Division of Crop Science, Taiwan Agricultural Research Institute

Shen, Yuan
Department of Soil & Environmental Sciences, National Chung Hsing University

Su, Jeng-De
Department of Food Science, Tunghai University

Tsay, Hsin-Sheng
Graduate Institute of Biochemical Sci. & Technol., Chaoyang University of Technology

Tsay, Jyh-Rong
Taiwan Agricultural Research Institute

Tseng, Menq-Jiau
Department of Horticulture, National Chung Hsing University

Wang, Chan-Sen
Department of Agronomy, National Chung Hsing University

Wu, Hung-Pan
Institute of Plant & Microbial Biology, Academia Sinica

Editorial Assistants

Chen, Siang-Jiun
Commission of R&D Strategy on Agric. Sci. & Technol., Taiwan Agricultural Research Institute

Wu, Yi-Yan
Technical Service Division, Taiwan Agricultural Research Institute

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

Vol. 62 No. 1 March 31, 2013

Published by Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture

Publisher Junne-Jih Chen
Editor-in-Chief Chwen-Ming Yang
Address No.189, Zhongzheng Rd., Wufeng Dist., Taichung City 41362, Taiwan, ROC
Website http://www.tari.gov.tw; E-mail: jtar@tari.gov.tw; Tel: +886-4-2331-7236
Submission http://aspers.airiti.com/Aspers/webHome.aspx?jnliid=J0042

Press Airiti Press Inc.
Address 18F., No.80, Sec.1, Chenggong Rd., Yonghe Dist., New Taipei City 23452, Taiwan, ROC
Tel +886-2-2926-6006
E-mail press@airiti.com

Price NT$ 175 (per copy)
Distributor
1. GB Books / 1F., No.209, Songjiang Rd., Taipei City 10485, Taiwan, ROC
GB Website: http://www.govbooks.com.tw; Tel: +886-2-2518-0207
2. Wunan Books / No.6, Zhongshan Rd., Taichung City 40042, Taiwan, ROC
Tel: +886-4-2226-0330

台灣農業研究

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

Vol.62 No.1 2013

Research Articles

1 Assessment of the Suitability of *Bactricera dorsalis* Hendel and *Bactricera cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae) Eggs as Alternative Food of *Lemnia biplagiata* (Swartz) (Coleoptera: Coccinellidae)
Jih-Zu Yu

11 Correlation Analysis between Leaf and Flower Traits of *Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume
Wei-Ting Tsai, Szu-Lun Lai, Shan-Ni Chen, Ting-En Dai, Ting-Fang Hsieh, and Chun-Tang Lu

21 Field Assessment of Agronomic Traits and Pollen-Mediated Gene Flow of Transgenic Rice
Ching-Shan Tseng, Yann-Rong Lin, Cheng-Ping Kuan, Ming-Hsing Lai, and Min-Tze Wu

32 Oosorption in Four Eulophid Wasps (Hymenoptera: Eulophidae) Parasitic on Leafminers (Diptera: Agromyzidae)
Ching-Chin Chien and Shu-Chen Chang

40 Studies on Physiological Races of *Magnaporthe oryzae*, Causal Agent of Rice Blast, in Taiwan
Yi-Nian Chen, Chun-Wei Chen, and Tsung-Chun Lin

57 Phytophthora Diseases of *Cedrela sinensis* and *Zanthoxylum ailanthoides*
Pao-Jen Ann, Jyh-Nong Tsai, and Ien-Tien Wang

71 Effect of Temperature on Killing of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) by the Parasitoids *Chrysocharis pentheus* and *Closterocerus okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae)
Ching-Chin Chien and Shu-Chen Chang

83 A New Variety of Kumquat (*Fortunella crassifolia* Swingle) 'Tainung No.1 Citrine'
Chia-Hui Tang, Ming-Hsiung Lu, and Wu-Hsiung Tsai

ISSN 0022-4847

Published by Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture